المجلس الأعلى للثقافة
المشروع القومي للترجمة

التغيرات البيئية

"جغرافية الزمن الرابع"

تأليف
أندرو س. جودي
أستاذ الجغرافيا الطبيعية
جامعة أكسفورد

ترجمة
محمود محمد عاشور
أستاذ الجغرافيا الطبيعية
جامعة عين شمس

مراجعة
نبيل سيد إمبابي
أستاذ الجغرافيا الطبيعية
جامعة عين شمس

المجلس الأعلى للثقافة
١٩٩٦

المجلس الأعلى للثقافة
المشروع القومي للترجمة

التغيرات البيئية

« جغرافية الزمن الرابع »

تأليف

أندرو س. جودى

أستاذ الجغرافيا الطبيعية
جامعة أكسفورد

ترجمة

محمود محمد عاشور

أستاذ الجغرافيا الطبيعية
جامعة عين شمس

مراجعة

نبيل سيد إمبابى

أستاذ الجغرافيا الطبيعية
جامعة عين شمس

المجلس الأعلى للثقافة

١٩٩٦

هذه ترجمة كاملة لكتاب

Environmental change

تأليف

Andrew Goudie

First published, 1977

Reprinted with corrections, 1977

الناشر

Clarendon Press, Oxford

مقدمة المترجم

تزايدت فى السنوات الأخيرة معاناة كثير من سكان كوكبنا من جراء التغيرات البيئية السلبية والتى زادت حدة آثارها فى الدول الفقيرة بشكل خاص .

وكما تتنوع التغيرات البيئية، تتباين أسبابها وآثارها . ويأتى فى مقدمة هذه التغيرات، الجفاف الناتج عن قلة التساقط، ولاشك أن ما أصاب منطقة الساحل الافريقى فى السبعينيات والثمانينيات من هذا القرن يعتبر من أشد الكوارث التى ترتبت على الجفاف .فقد هلك الزرع والضرع وهجر السكان ديارهم إلى مجتمعات مجاورة لم تكن أسعد حالا، فاختلت النظم الاقتصادية والاجتماعية والصحية والسياسية كذلك .وقد هدد الجفاف أيضا بعض مناطق فى أوربا حيث شحت موارد المياه إلى حد كبير وعلى النقيض من الجفاف نجد السيول المدمرة والتى تكرر حدوثها وتزايدت آثارها فى كثير من بلدان العالم سواء فى جنوب شرق آسيا أو فى أوربا وحتى فى بعض المناطق الجافة كما حدث فى مصر فى عامى ١٩٧٩،١٩٩٤

وفى المناطق الساحلية من القارات، خاصة تلك المنبسطة منها، هاجم البحر شواطئها والتهم أطرافها وهدد مصالح سكانها ولم يكن أمام هؤلاء السكان سوى اقامة الحواجز أمام الأمواج أو محاولة رفع مستوى سطح بعض المناطق الساحلية .وما تعانيه الدلتا المصرية فى السنوات الأخيرة من تآكل وتراجع سواحلها الشمالية وتهديد المصالح البشرية لمثال واضح على ذلك ويقدر البعض أن ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار ١٠٠سم قد يغطى مسافة تقدر بحوالى ٣٠كم من الساحل الحالى أى حوالى ١٢ - ١٥ ٪ من المساحة المزروعة فى مصر .

وليس معنى هذا أن التغيرات البيئية والكوارث الطبيعية لم تصب سطح الأرض إلا خلال السنوات الأخيرة، فالتغير سمة أساسية من سمات هذا الكون فهو دائم التغير كما هو دائم الحركة . وان كانت هناك بعض الأشياء التى تبدو ساكنة، فهو سكون ظاهرى كما يختلف حجم التغير من حيث المساحة الزمنية أو الفترة الزمنية التى يستغرقها التغير . فبينما نجد أن هناك بعض التغيرات القصيرة التى لا تستغرق عدة سنوات مثل دورات الكلف الشمسى وما يرتبط بها من تغيرات مناخية وبيئية ، هناك تغيرات متوسطة قد تستغرق آلاف السنوات مثل الفترات الجليدية وما يترتب عليها من تغير فى جغرافية الأرض وتوزيع السكان والحيوان والنبات.ثم هناك

التغيرات طويلة المدى والتى تمتد ملايين السنوات مثل التغيرات الجيولوجية ومنها بناء الجبال وزحف القارات . والتغير قديم أبد الدهر مازال يعمل كما كان يعمل من قبل ،ولكنه ازداد وضوحا وأثرا مع زيادة انتشار الانسان فى أرجاء الأرض ومع تعدد مصالحه.

وفى الأبحاث الكثيرة التى أجريت لدراسة هذه المشاكل البيئية أشارت أصابع الاتهام إلى اتجاهين : أحدهما تشطب العوامل الطبيعية وأشارت أصابع أخرى إلى الانسان .ففيما يختص بالعوامل الطبيعية، نجد أن هناك من يرون أن التغيرات المناخية خاصة قصيرة المدى تعتبر مسؤولة عن كثير مما يحدث حاليا من تغيرات بيئية .فإرتفاع درجات الحرارة الذى قد يرجع إلى دورات الكلف الشمسى قد يكون مسؤلا عن ذوبان الجليد وبالتالى ارتفاع مستوى سطح البحر مما يساهم بشكل مباشر فى تآكل الشواطئ وزحف المياه على المناطق الساحلية .وفى مناطق أخرى نجد أن هبوط المناطق الساحلية سببا آخر فى زحف مياه البحر على اليابس كما هو الحال فى الدلتا المصرية .وقد يرجع ذلك إلى الانسان كما حدث فى مدينة البندقية التى تتعرض للغرق نتيجة سحب كميات كبيرة من المياه الجوفية وبالتالى هبوط الأرض ولقد كان الانسان مسؤلا كذلك عن تغير الألبيدو الأرضى فى كثير من مناطق العالم بقطع الأشجار أو حرقها كما حدث فى أواسط أفريقيا وفى حوض الأمزون وفى جنوب شرق آسيا ومناطق واسعة من أمريكا الشمالية ، وساهم بشكل مباشر وغير مباشر على زيادة المساحات المتصحرة بزيادة أعداد الحيوانات وبالتالى بالرعى الجائر ثم بسوء الاستخدام وسوء الادارة

وكانت هذه التغيرات وماترتب عليها من مشاكل، حافزا قويا لكثير من المنظمات الدولية والاقليمية والمحلية أن تهب لمواجهة هذا الخطر الداهم، فتشكلت اللجان وعقدت المؤتمرات وانتشر الباحثون فى كثير من الجهات المتضررة فى محاولة لدراسة التغير البيئى من حيث توزيعه وأسبابه وكيفية مواجهته وظهرت العديد من المؤلفات فى جميع فروع المعرفة ذات الصلة، سواء منها ما يتعلق بالنظم البيئية الطبيعية أو البشرية وبطبيعة الحال لم تقتصر الأبحاث على دراسة الحاضر ولكنها أمتدت إلى الماضى فى محاولة للتعرف على ما حدث فيه من تغيرات وأسبابها وتوزيعها ونتائجها بهدف تفسير الحاضر وتوقع المستقبل وكان من بين المؤلفات الكثيرة التى ظهرت، هذا الكتاب الذى ظهرت طبعته الأولى عام ١٩٧٨ تحت عنوان Environmental Change أى التغير البيئى، وان كنت أقترح له عنوانا آخر يتمشى مع محتواه العلمى، وهو جغرافية الزمن الرابع .

وقصتى مع هذا الكتاب ترجع لأكثر من خمسة عشر عاما عندما ظهرت طبعته الأولى

المنقحة عام ١٩٧٩ وعكفت على قراء ته فوجدت فيه الكثير من الاجابات على عديد من التساؤلات التى تواجهنى وبها تغيير جذرى لكثير من الآراء والنظريات القديمة .وعاودت قراءة الكتاب مرات ومرات وناقشت كثيرا من محتوياته مع زملائى وتلاميذى العاملين فى هذا المجال ،فوجدت لديهم صدى طيبا ، اللهم إلا هؤلاء الذين ران على قلوبهم ما تعلموه منذ اكثر من ثلاثين عاما ولاتتسع صدورهم للتجديد واتساع آفاق المعرفة وكان الكتاب بحق مرجعا لى فى كثير من الأمور التى تتعلق بجغرافية الزمن الرابع، لأسباب كثيرة، يأتى فى مقدمتها :سهولة الاسلوب ورشاقة العرض وهذا ما يتميز به مؤلفه أندرو جودى الذى يشغل حاليا منصب رئيس قسم الجغرافيا بجامعة اكسفورد بانجلترا، ثم غزارة المعلومات والمعالجات التى يحويها الكتاب ويعرضها بأمانة شديدة كما يحوى عددا كبيرا من الرسوم التوضيحية التى تعين القارئ على تفهم الكثير من الآراء وهى فى نفس الوقت تعتبر جزءا أساسيا من الكتاب .واتبع المؤلف أسلوبا مفيدا جدا فى ذكر المراجع حيث عرضها فى أسلوب توضيحى نقدى لمحتواها ولم يكتف بذكر عناوينها فقط كما هو متبع فى معظم الكتب العلمية وفوق كل هذا وذاك فقد عرض الكتاب لموضوعات كثر حولها الجدل فى السنوات الأخيرة وخلت منها مكتبتنا العربية بل ومناهجنا الدراسية وموضوعاتنا البحثية، وان كانت هناك العديد من البحوث التى أجريت فى مصر والعديد من الدول العربية والتى قام بها باحثون أجانب ونشرت أبحاثهم بلغات غير العربية .ومن ثم بقيت معظم نتائج هذه الدراسات بعيدة عن متناول كثير من الدارسين ولم تظهر فى بحوثنا ومؤلفاتنا والتى مازالت تعج بأفكار وأراء ترجع إلى الأربعينات من القرن العشرين .

واحساسا بأهمية موضوعات الكتاب، رأيت أنه من واجبى أن أضعه بين يدى القارئ والدارس العربى لا ليكون مرجعا فى موضوعه فقط ولكن ليكون أيضا أحد المفاتيح التى توجه القارئ إلى مكتبة حديثة متخصصة فى هذا المجال وإلى طرق بحث حديثة فعكفت على ترجمته، وظلت مسودة الترجمة قابعة على مكتبى عدة سنوات إلى أن كلفت هذا العام بتدريس مادة موضوع خاص لطلبة الفرقة الثالثة بقسم الجغرافيا بكلية الآداب بجامعة عين شمس واخترت موضوع التغيرات البيئية فى الزمن الرابع لتكون موضوعا لهذه الدراسة، فكان هذا حافزا لى أن أرجع إلى هذا الكتاب .

وأرى أنه قد آن الأوان أن يصبح مقرر جغرافية الزمن الرابع _مع التركيز على التغيرات

البيئية وأثرها على الانسان _أحد المقررات التى تدرس بأقسام الجغرافيا والجيولوجيا بالجامعات المصرية والعربية حتى نستطيع اعداد دارسين لهم المقدرة على فهم هذه الموضوعات ومن ثم التعامل مع البيئة .علما بأن هذا المقرر لن يكون بديلا لموضوع الجغرافيا التاريخية أو الجيولوجيا التاريخية أو علوم البيئة أو موضوع العصور الجيولوجية فا الفارق كبير بينه وبينهم جميعا .وفى نفس الوقت لابد أن نشجع البحوث فى هذا المجال خاصة وأن منطقتنا وصحارينا تقدم نفسها كمجال بحث خصب يندر أن نجد مثله فى مناطق أخرى من العالم . فالصحارى كتاب مفتوح لايحتجب سطحها تحت غطاء نباتى أو تربة سمكية .كما أن عوامل التحات لم تدمر الكثير من أشكال السطح التى يمكن دراستها، مثال ذلك مواقع البحيرات القديمة فى واحات مصر ومجارى الأودية القديمة فى كثير من الصحارى العربية .كما أن جوانب نهر النيل وقاعه فى مصر يحتفظ بسجل قلما نجد له مثيلا فى أى مكان آخر . وشواطئ البحر المتوسط والبحر الأحمر والخليج العربى وسهولها الساحلية، تزدحم بعدد لا نهائى من الأدلة التى تسلم نفسها للباحث فى هذا المجال .ولا يعقل أن نقف مكتوفى الأيدى ازاء كل هذا، بينما يتوافد الدارسون الأجانب لدراسة ما تزخر به منطقتنا من أشكال سطح ورواسب وآثار قديمة تشرح هذا التغير وتقدم تفسيرا له .

ويجئ الكتاب المترجم فى سبعة فصول قدم المؤلف فى الفصل الأول منها بعدد من الموضوعات، منها التغير البيئى أثناء البليستوسين من حيث حجمه وأهميته وكذلك وسائل الدراسة من تقليدية وحديثة وأهمها وسائل التأريخ .

وفى الفصل الثانى عرض للتتابع وطبيعة البليستوسين وقد ناقش المؤلف هنا موضوعا فى غاية الأهمية، وهو طول البليستوسين أو كما يسميه بعض العلماء باسم عصر الانسان أو الأنثربوجين، والذى تختلف فيه الأراء بين مليون سنة وثلاثة ملايين سنة .ويرجح المؤلف مايسمى بالبليستوسين المطول (٣ مليون سنة) وذلك على أساس بقايا الانسان التى وجدت فى شرق افريقيا وقدر عمرها بحوالى ٢,٧ مليون سنة .

وفى الفصل الثالث : يناقش المؤلف موضوعا هاما وهو أحداث البليستوسين فى المناطق المدارية وشبه المدارية وذلك من خلال عرض للكثبان الرملية الحفرية وفترات المطر فى هذه المناطق .ويعرض لقضية هامة، وهى التعاصر بين الفترات الجليدية فى العروض الشمالية وما يقابلها فى

المناطق المدارية وشبه المدارية ويسوق المؤلف هنا عددا من الأدلة النظرية والملموسة على عدم صحة النموذج الكلاسيكى الذى شاع بعد الحرب العالمية الثانية والذى يربط بين الفترات الجليدية والفترات المطيره وفترات الدفء وفترات الجفاف وقد أثبتت الدراسات التفصيلية فى كثير من المناطق المدارية وشبه المدارية فى كل من آسيا وافريقيا عدم التعاصر بين الفترات الجليدية فى العروض الشمالية وفترات المطر فى العروض المدارية . من هذه الدراسات دراسة Vance Haynes, F. Wendorf et al ورشدى سعيد وغيرهم فى صحراء جنوب مصر

وفى الفصل الرابع : يعالج المؤلف التغير البيئى فيما بعد الجليد أى خلال الهولوسين وهى فترة العشرة آلاف سنة الأخيرة .ويعرض الكتاب هنا لعدة موضوعات هامة تتعلق بالظروف المناخية والبيئية خلال الهولوسين والانتقال من الفترة الجليدية الأخيرة (مرحلة فيرم) إلى الهولوسين والانقراض الحيوانى الكبير الذى حدث فى هذه الفترة وأسبابه ، ويناقش الظروف المناخية خلال الهولوسين وأثر ذلك على الحيوان والنبات والانسان .

وفى الفصل الخامس : يقترب من وقتنا الحالى بدراسة عن الفترة التى استخدمت فيها أجهزة الرصد الجوى أى منذ عهد الثورة الصناعية. فلم تعد الاستنتاجات والتحليلات مبنية على دراسة أشكال سطح الأرض والرواسب بقدر ما هى قائمة على قراءات وسجلات سواء كان ذلك فيما يتعلق بالمطر أو درجة الحرارة وكذلك مستوى سطح البحيرات وتصريف الأنهار وتذبذب الجليد ثم التغيرات الحيوانية والنباتية . ويختتم الفصل بدراسة الدور المزدوج لكل من تغيرات المناخية والانسان .

وفى الفصل السادس : يعرض لنا الكتاب موضوعا مثيرا كثر الجدل حوله فى السنوات الأخيرة وذلك لعلاقته المباشرة بالنشاط البشرى فى المناطق الساحلية، وهو موضوع تذبذب مستوى سطح البحر فى الزمن الرابع والعوامل التى أدت إلى ذلك سواء كانت عالمية أو محلية والتى يأتى فى مقدمتها أثر الجليد عندما يتراكم على أسطح القارات أثناء الفترات الجليدية مما يؤدى إلى انخفاض مستوى سطح البحر، ولكن لاننسى أن هذا الجليد يشكل حملا على اليابس . ثم هناك عملية الافراغ حيث تفرغ بعض البحار الداخلية مياهها فى المحيط ..الخ من عوامل متشابكة لايمكن فصل بعضها عن البعض الآخر .

وفى الفصل السابع : يعالج أسباب التغير المناخى والباعث الرئيسى على التغير البيئى . ويعرض هنا لمجموعة من الأسباب والتى تقوم كلها على أسس نظرية وفرضية فى المقام الأول ، من هذه الأسباب : كمية ونوع الاشعاع الشمسى على مر العصور ومرجع ذلك إلى عدد من الأسباب ثم اختلاف المغناطيسية الأرضية وتغير المركز الهندسى للأرض وغيره من العوامل .

ويلاحظ القارئ أننى حاولت قدر طاقتى أن تكون الترجمة صورة معبرة للأصل .فلم أشأ أن اكون مؤلفا بل التزمت بدورى كمترجم ولذا واجهتنى فى بعض المواضع مصاعب التعبير عما يريده المؤلف، وهنا فقط كنت مضطرا لاستخدام أسلوبى الخاص .

وأخيرا أرجو أن اكون قد وفقت فى عرض هذا العمل العظيم والذى أرجو أن يكون موجها للقارئ العربى وأن يجد فيه الباحثون اجابات على تساؤلاتهم فى هذا الشأن وأن يكون حافزا للدارسين العرب على ارتياد هذا المجال .

والله أسأل ، أن يجزي عنى خير الجزاء، كل من ساهم معى فى انجاز هذا العمل واخص بالشكر أ.د .نبيل سيد امبابى الذى اقتطع جزءا من وقته لمراجعة الترجمة كما كان لتشجيعه الدائم خير معين على انهاء الترجمة . كما اتوجه بالشكر الى السيد / طه صقر المدرس المساعد بقسم الجغرافيا بجامعة عين شمس لما قام به من جهد فى اعداد الأشكال وكذلك السيد /أشرف حسن حسنى أخصائى الحاسب الآلى بقسم الجغرافيا بجامعة عين شمس لمساهمته الطيبة فى كتابة المتن وتسجيله على الحاسب الآلى . ولايفوتنى أن أنوه بالمبادرة الطيبة التى أبداها أ.د. محمد صبحى عبد الحكيم مقرر لجنة الجغرافيا بالمجلس الأعلى للثقافة، بوزارة الثقافة وكذلك إلى أعضاء اللجنة لموافقتهم على نشر هذا الكتاب بالمجلس الأعلى للثقافة ، والذى بتشجيعه على ترجمة مثل هذه الكتب يكون قد أسهم فى تمويل المكتبة العربية بمنهل ثرى سيكون له أكبر الأثر على التقدم العلمى فى مصر والعالم العربى .والله أسأل أن يوفقهم دائما وشكرى الجزيل إلى زوجتى وأولادى الذين طوقوا جهدى بجهودهم ولولاهم وبدون تشجيعهم ومساعدتهم لما رأى هذا العمل وغيره من الأعمال النور .وإلى طلبة ودارسى الجغرافيا وعلوم الأرض والبيئة فى مصر والعالم العربى أهدى هذه الترجمة .

والله من وراء القصد .

المترجم

محتويات الكتاب

مقدمة المترجم .... جـ

تمهيد .... س

الفصل الأول : ١

- التغيير البيئى خلال عصر الإنسان ١
- حجم التغير البيئى ٤
- تطور الأفكار الخاصة بالتغير البيئى ٦
- وصائل التقنية التقليدية ٩
- وسائل التقنية الحديثة ١٢
- تطور الدراسة الاستراتجرافية للعينات اللبية لقيعان المحيطات والبحيرات والكهوف ١٦
- العينات اللبية الجليدية ٢١
- الأدلة الجيوموفولوجية والبيدولوجية على التغيرات البيئية ٢١
- الفترة السابقة لجليد البليستوسين ٢٤
- قراءات مختارة ٣١

الفصل الثانى :

- طبيعة البليستوسين ٣٣
- مقدمة ٣٣
- طول البليستوسين ٣٤
- أقسام البليستوسين ٣٦
- المصطلحات المستخدمة فى مختلف الأقاليم ٤٧
- تغير إنتشار الثلاجات والغطاءات الجليدية ٤٨
- إنتشار الثلاجات والغطاءات الجليدية ٥٠
- أمريكا ٥٠
- الجزر البريطانية ٥٠

- أوروبا وآسـيـا ... ٥٢
- القارات الجنوبية ... ٥٤
- الصقيع الدائم وامتداده فى البليستوسين ... ٥٦
- تكون غطاءات اللوس ... ٥٨
- درجة التغير المناخى خلال الفترات الجليدية والمطيرة ... ٥٩
- الأحوال النباتية فى الفترات الجليدية فى أوروبا ... ٦٣
- نباتات الجليد فى أمريكا الشمالية ... ٦٨
- فترات الدفء خلال مرحلة فيرم ...
- طبيعة الفترات ما بين الجليدية ... ٧٤
- اختلاف فترات ما بين الجليد فى بريطانيا عنها فى أوروبا ... ٧٧
- التذبذبات الحيوانية والنباتية ... ٨٢
- قراءات مختارة ... ٨٨

٣ - أحداث البليستوسين فى المناطق المدارية وشبه المدارية ٩١

- الفترات الجافة فى البليستوسين ... ٩١
- الكثبان القديمة فى شمال الهند ... ٩٣
- الكثبان الحفرية فى أفريقيا ... ٩٥
- الكثبان الحفية فى الأمريكتين ... ٩٨
- الكثبان الحفرية فى أستراليا ... ١٠٠
- الفترات المطيرة فى البليستوسين ... ١٠٠
- بحيرات الفترات المطيرة فى أمريكا الشمالية ... ١٠٢
- مجموعة بحر قزوين وبحر آرال ... ١٠٦
- بحيرات الفترات المطيرة فى الشرق الأوسط ... ١٠٦
- بحيرات الفترات المطيرة فى أفريقيا ... ١٠٨
- تواريخ آخر فترة بحيرية كبيرة فى شرق أفريقيا ... ١١٢

- مشكلة تعاصر الفترات الجليدية والفترات المطيرة ١١٦
- التغيرات الحيوانية والنباتية فى المنطقة المدارية ١٢٢
- السمك الأفريقى وتغير المياه الأفريقية ١٢٦
- قراءات مختارة ١٢٩

٤ - التغير البيئى فيما بعد الجليد ١٣١

- هل تتميز الهولوسين بمناخ ثابت ١٣١
- الانتقال من المرحلة الجليدة الأخيرة ١٣٢
- التغير البيئى والانتقال من الحجرى القديم الأعلى إلى الحجرى الأوسط ١٣٨
- التغير البيئى فى الهولوسين المبكر وظهور الزراعة ١٤٠
- مشكلة الانقراض الكبرى فى أواخر الجليد وأوائل الهولوسين ١٤١
- دفء ما بعد الجليد والانفصال النباتى ١٤٦
- الانسان والتتابع الكلاسيكى للتغير المناخى الهولوسينى ١٤٧
- الزراعة والظروف المناخية ابان الهولوسين فى بريطانيا ١٤٨
- التتابع الهولوسينى فى أمريكا ١٥٠
- الهولوسين فى شرق أفريقيا ١٥٢
- ما بعد الجليد فى الصحراء الكبرى والمناطق المجاورة ١٥٢
- الهولوسين فى شمال الهند ١٥٦
- فترة المناخ الأمثل فيما بعد الجليد ثم الجليد الحديث ١٥٨
- المناخ الأمثل القصير ٧٥٠ - ١٣٠٠ بعد الميلاد ١٦٤
- المناخ الأمثل القصير والزراعة فى أمريكا الشمالية ١٦٦
- العصر الجليدى الصغير الأخير (neoglaciation) ١٦٨
- التوطن البشرى فى جرينلند ١٧٤

- زراعة الأراضي المرتفعة في القرون الوسطى ١٧٥
- قراءات مختارة ١٧٩
٥ - التغيرات البيئية خلال فترة تسجيل الأرصاد الجوية ١٨٣
- تغيرات درجات الحرارة في القرن الواحد والعشرين ١٨٣
- تغيرات المطر ١٩٦
- تغيرات المطر في القرنين ١٩ ، ٢٠ في العروض الدنيا ١٩٨
- تغير مستوى البحيرات المدارية ٢٠٨
- تذبذبات تصريف الأنهار ٢١٠
- تذبذبات الجليد في القرن العشرين ٢١٢
- بعض آثار التغيرات المناخية الحالية في الظروف المحيطية ٢٢٠
- التغيرات الحيوانية في البحار الشمالية ٢٢١
- التغيرات الحيوانية والنباتية في نصف الكرة الشمالي ٢٢٣
- الدور المزدوج للتغير المناخي وتدخل الإنسان ٢٢٥
- خلاصة ٢٣٤
- قراءات مختارة ٢٣٥
٦ - تذبذب مستوى البحر خلال الزمن الرابع ٢٤١
- أهمية تذبذب مستوى سطح البحر ٢٤١
- العوامل الإيوستاتيكية ٢٤٢
- التغير الإيوستاسي - الجليدي ٢٤٤
- التذبذبات المرتبطة بحركات بناء الجبال ٢٤٧
- ارتفاع سطح البحر فيما بعد الجليد أو الغمر الفلانديري ٢٤٨
- طبيعة مستوى سطح البحر قبل الهولوسين ٢٦١
- توازن القشرة ٢٦٧

- أسباب متنوعة تؤدى إلى تغير المستوى محليا ٢٧٤
- المعدلات الحالية للهبوط والارتفاع ٢٧٩
- تغيرات سطح البحر فى شمال أوروبا فيما بعد الجليد ٢٨٣
- التأثير المشترك للتغير الإيوستاتيكى وتوازن القشرة ٢٨٣
- حركات مستوى سطح البحر والأراضى الأوروبية المنخفضة فى الهولوسين ٢٨٨
- قراءات مختارة ٢٩٥

٧ - أسباب التغير المناخى ٢٩٨

- مقدمة ٢٩٨
- الفروض الخاصة بالاشعاع الشمسى ٣٠٠
- التغير المناخى والاختلافات فى المغناطيسية الأرضية ٣٠٥
- نظريات موقع الكرة الأرضية من الشمس وافتراض كرول - ميلانكوفيتش ٣٠٦
- نقاء الغلاف الجوى ٣١٠
- افتراضات تتضمن تغيرات فى جغرافية الأرض ٣١٤
- نظريات التغذية المرتجعة ٣١٦
- تأثير الإنسان على المناخ ٣١٩
- الخلاصة ٢٢٥
- قراءات مختارة ٢٢٨
- قائمة المراجع ٣٣٠

تمهيد

موضوع هذا الكتاب هو التغيرات البيئية خلال الثلاثة ملايين سنة الاخيرة ، والتي يمكن دراستها وتناولها من وجهات نظر كثيرة . ووجهة النظر هنا جغرافية ، هدفها توضيح كيفية تغير البيئة وملامح سطح الأرض خلال الفترة التي عاشها الانسان على الارض . ويطرح الكتاب بعض المقترحات الخاصة بالطرق والأساليب التي أثرت بها التغيرات البيئية الرئيسية على تطور الانسان .

هذه التغيرات البيئية تشمل إلى جانب التغيرات المناخية ، تغير كل من مستوى سطح البحر والتجمعات النباتية وحدود الصحراء ومستوى البحيرات وتصريف الأنهار وتكرار الاعاصير والغطاء الجليدي البحري وأعداد الثدييات وأمور أخرى كثيرة ، مع عناية خاصة بدرجة التغير ومعدل تكراره والتي لاتحظى في الغالب بالتقدير الكاف سواء فيما يتعلق بتكرارها أو قوتها بما في ذلك خلال الازمنة التاريخية . ولمعرفة طبيعة وأصول التربة وأشكال سطح الارض وتوزيع النباتات والحيوانات الحالية لابد أن نكون على دراية بتاريخ هذه الاشياء وتطورها ، علما بأن الكثير من معالم البيئة وسطح الارض قد لاتكون بالضرورة متوافقة مع العمليات الحالية ، ولهذا فمن غير الملائم فحص هذه المعالم بشكل خالص في اطار العمليات السائدة حاليا .

ويلاحظ أن التغيرات التي أحدثها الانسان في البيئة وسطح الارض لا تشكل سوى جزءا ثانويا في هذا الكتاب . ليس هذا لعدم أهمية أثر الانسان ، بل العكس ، لأن هذه التغيرات في حد ذاتها قد تكون أساسا لعمل أكبر حجما ، حيث أصبح الانسان عاملا مؤثرا في البيئة خاصة خلال القرن الاخير .

وثمة سمة أخرى لهذا الكتاب ، هي أن معالجة الأطوار المختلفة في الثلاثة ملايين سنة الأخيرة تكون أكثر تفصيلا كلما اقتربنا من الحاضر ، وهذا يعكس حقيقتين هامتين ، أولهما : أن معرفتنا تصبح اكثر تاكيدا وترتيب الأحداث اكثر دقة مع اقترابنا من الحاضر ، ثم إن العلاقات بين التغيرات البيئية والمصالح البشرية اكثر وضوحا . ولايرجع هذا على الاطلاق إلى الزيادة المطردة في عدد السكان . ورغم هذا فلا يقصد بهذا الكتاب أن يكون فجا محددا ولكن كل ما ينشده أن يوضح التغيرات التي حدثت في بيئة الانسان بدرجة معقولة ، ويشير إلى بعض العلاقات بين مثل هذه التغيرات وتطور الانسان وأشكال السطح .

ولا يفوتني أن أنوه هنا بدور اساتذتي في توجيهي لهذا النوع من الدراسات ، ففي جامعة

كامبردج -- حيث أتممت دراستي الجامعية - يهتمون بصفة خاصة بدراسة الزمن الرابع مما دفع أحد الزائرين من جامعة أكسفورد أن يطلق مقولة طريفة "اذا لم تكن هناك عصورا جليدية كان لابد لكامبردج أن تخترعها حتى تجد شيئا كمادة درس "، فقد كان من المقرر على طلبة مرحلة البكالوريوس أن يدرسوا التربة في Breckland والتداخلات الجليدية في حفر الحصى على هوامش Fen والغابات الحفرية في وادي Lark Valley والرواسب العضوية في West Runton والكثبان الداخلية في Lakenheath Warren . أما مقررات ما بعد البكالوريوس فنادرا ما اختلفت عن ذلك وإن كانت أكثر تعمقا، حيث قمت بدراسة التغيرات البيئية فى حقول رمال كلها رى وصحراء ناميبيا واقليم البحيرات فى الوادى الاخدودى الاثيوبى الجنوبى وهوامش صحراء ثار . ومن الذين أدين لهم بالكثير حتى في مراحل مبكرة من حياتي العملية كل من P.G.Foster , E.S.Hoare, M.A.Girling . C.Kenyon، والذين بدون تشجيعهم وإخلاصهم لم يكن لي أن أصبح جغرافيا.

ومن بين هؤلاء الذين اكتسبت منهم الخبرة الحقلية Dick and و Bridget and Raymond Allchin , K.T.M.Hedge , Jean Grove . وأرى من واجبي أن أتوجه بالشكر إلى David stoddart لتشجيعه لى لأكتب هذا الكتاب ، وإلى القنصل John Patten لتأييد جهودي المبكرة في اعداد هذا الكتاب في Woodstock cottage وكذلك إلى أمناء مكتبة مدرسة الجغرافيا ومكتبة Radcliff Science وإلى Peter Masters و Chris Jackson لما قدموه من مساعدة . وإلى كل من السيدة Ursula miles والآنسة Margaret Loveless لقيامهم برسم الاشكال وإلى C.G. Smith الزميل بكلية Keble والأستاذ Gordon Manley والآنسة Alayne Street لما قدموه لي من ملاحظات قيمة. والجدير بالذكر أن بعض محتويات هذا الكتاب تم عرضها على مجموعة من طلبة البكالوريوس المميزين في Hertford وهم Mary Francis , Ken Pye , John Johnson ،

اليهم جميعا خالص تمنياتي .

اكسفورد　　　　　　　　　　　　أندرو.س.جودي

الفصل الأول

مقدمة

"تاريخ الزمن الرابع مجال بحث مليء بالأمل ومثير للخيال و بالإضافة إلى أنه يكشف عن الأحداث التى صحبت تطورالانسان وأثرت فيه ،فإنه يهيي ء نقطة انطلاق يمكن من خلالها رؤية العصور التى سبقت الإنسان على الأرض" .

(W. B Wright, 1937, p.464)

التغير البيئى خلال عصر الإنسان :

الإنسان ، الذى يطلق عليه أحيانا اسم " الحيوان صانع الأدوات " لم يسكن الأرض إلا على مدى فترة وجيزة من عمرها . وتشير التقديرات الأخيرة إلى أنه فى حين يقدر عمر الأرض بـ ٤٥٠٠ مليون سنة ، فإن آثار الإنسان على الأرض لم تظهر إلا منذ فترة تتراوح بين ٢، ٣ مليون سنة . ولم يظهر فى كثير من أنحاء العالم إلا بعد ذلك . فعلى سبيل المثال ترجع أقدم بقايا للإنسان تم العثور عليها فى استراليا إلى ما يقرب من ٣٠ ألف سنة فقط ، ونادرا ما تتعدى البقايا التى عثر عليها فى العالم الجديد ١٥ ألف سنة (رغم أن هناك الآن ما يشير إلى تواريخ سابقة) ، وجاء استيطان نيوزلنده ومدغشقر والأقيانوسيا فيما بعد . ولقد عثر على أقدم سجل للنشاط البشرى متمثلا فى آلات حجرية بدائية تتكون من حصى أحد جوانبه حاد قاطع مع بقايا عظمية فى مناطق مختلفة فى قارة افريقيا (Leaky&Goodall, 1969)، فعند بحيرة رودلف فى شمال كينيا ووادى أومو فى جنوب أثيوبيا تم العثور على مواد بركانية تحوى آلات حجرية قديمة قدر عمرها بحوالى ٢.٦ مليون سنة وذلك باستخدام النظائر المشعة . وباستخدام طرق مشابهة أمكن تأريخ طبقة أخرى عثر عليها فى Olduvai Gorge فى تنزانيا بحوالى ١.٧٥ مليون سنة .

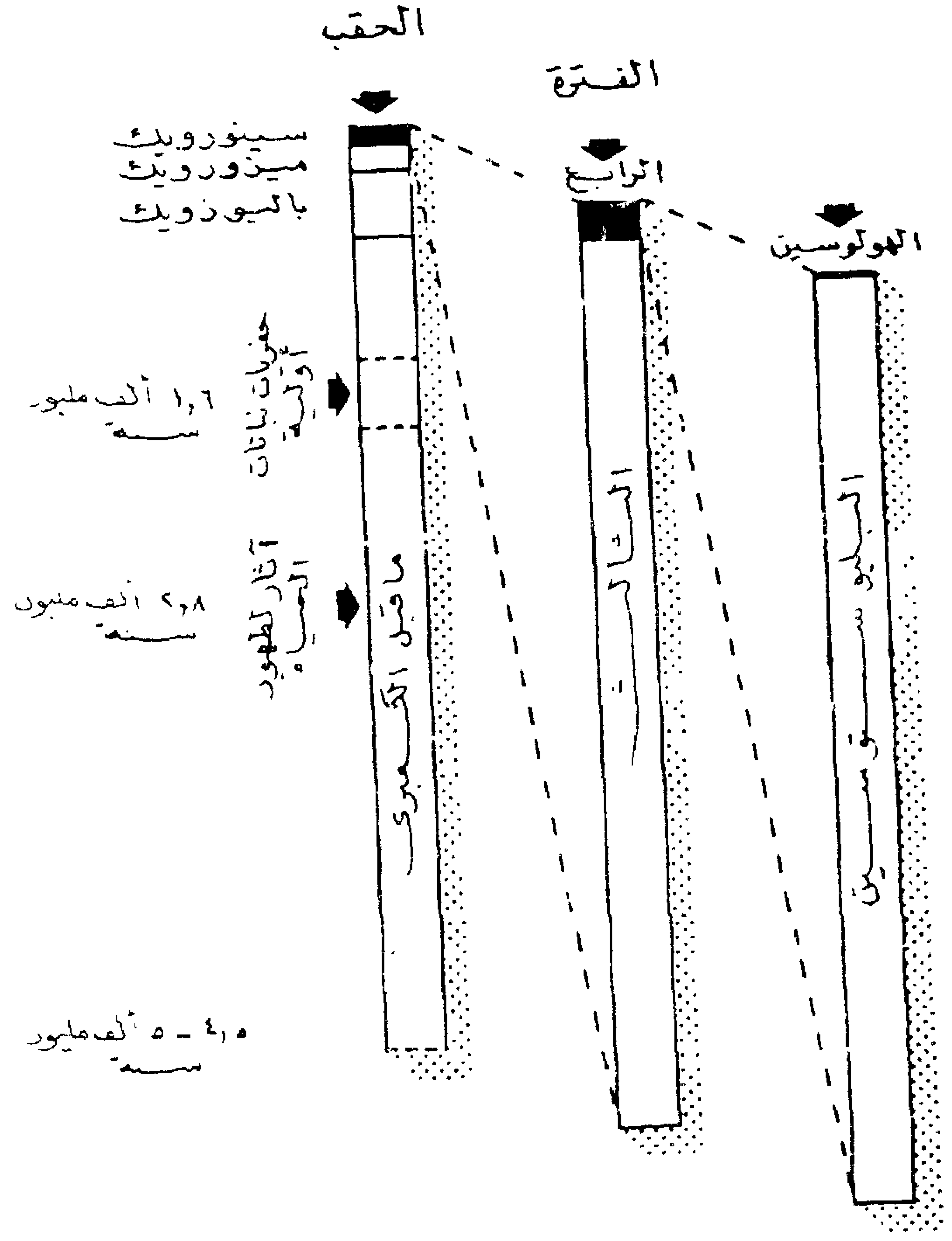
ويهتم هذا الكتاب بتلك الفترة التى عاشها الإنسان على الأرض . هذه الفترة التى يطلق عليها الجيولوجيون إسم " الزمن الرابع " ويحرص العلماء الروس على خصوصيتها نظرا لظهور الإنسان فيها ولذا يطلقون عليها أحيانا إسم عصر الانسان Anthropogene . ورغم أن هذه

الفترة لا تشكل سوى جزء قصير للغاية من عمر الأرض (شكل ١-١) فإن ما حدث خلالها من تغيرات بيئية لم تكن هينة ، بل كانت متعددة ومؤثرة فى كل من المناخ ومستوى سطح البحر والنطاقات الخضراء وتوزيع الحيوان ، كما أثرت على التربة وأشكال السطح ، وبعض هذه التغيرات ما زالت مستمرة حتى الآن وان اختلفت فى سرعتها وحجمها. وإذا كان هناك اعتراض على بعض الآراء المتطرفة عن أثر هذه التغيرات على الإنسان وتاريخه فقد كان لهذه التغيرات أثرها الواضح على كل من الإنسان وسطح الأرض . وفى العشرين ألف سنة الماضية فقط [والتى انتشر فيها الإنسان - كما لاحظنا - فى أجزاء من الأرض لفترة ٢ مليون سنة على الأقل] يلاحظ أن المساحة المغطاة بالجليد قد انكمشت إلى ثلث ما كانت عليه أثناء أقصى امتداد جليدى . ونتيجة لهذا ارتفع منسوب سطح البحار والمحيطات بما يزيد عن مائة متر ، وتأرجحت النطاقات الخضراء قربا وبعدا عشرات الدرجات من خط الإستواء ، واتسعت البحيرات الداخلية وانكمشت ، كما تقدمت حقول الصحارى الرملية وتقهقرت ، وأختفت بعض الحيوانات الثديية الراقية إبان الكارثة التى يطلق عليها اسم الدمار البليوستوسينى Pliestocene overkill .

ونرى فى الوقت الراهن كذلك أن التقلبات المناخية الثانوية تؤدى إلى تغيرات فى توزيع الأسماك بالمياه الشمالية وتذبذبات ملحوظة فى الأودية الجليدية وفيضانات عارمة فى البحيرات الأفريقية إضافة إلى المصاعب التى تواجه الخطط الزراعية فى أسيا الوسطى .

وعلى هذا نجد أن التغيرات البيئية لها أهميتها الأساسية فيما يختص بالعلاقات بين الإنسان والبيئة ومظاهر سطح الأرض . هذه التغيرات أصبحت فى نفس الوقت بؤرة اهتمام كثير من المشتغلين بالعديد من فروع العلم ومنهم المؤرخين الإقتصاديين المهتمين بتذبذب الأسعار فى العصور الوسطى والأثريين المهتمين بقيام واندثار الثقافات والحضارات ، والجيومورفولوجيين الذين يدركون أثر العمليات السابقة على أشكال الأرض ، وكذلك علماء الأحياء وعلماء النبات والحيوان المهتمين بتطور وتصنيف وتوزيع الكائنات الحية ، والجيولوجيين الذين يهتمون بتسجيل عمليات الترسيب والتتابع الطباقى ، وعلماء البحار والمحيطات الذين يشغلهم تغير الكتل المائية والتيارات المائية والملوحة فى محيطات العالم .

وهنا ربما نحتاج إلى تحديد المصطلحات المستخدمة فى وصف بعض الأحداث التى تهمنا فالأزمنة الجيولوجية الرئيسية المعروفة حاليا هى : الحقب الأخير والذى يطلق عليه اسم حقب الحياة الحديثة (سينوزوى) وينقسم هذا الحقب إلى فترتين هما الزمن الثالث والزمن الرابع وتنقسم هاتان الفترتان إلى عصور حيث يأتى البليوسين فى نهاية الزمن الثالث ، ويشكل كل من



(شكل ١-١) الزمن الرابع وأقسامه وعلاقته بالأزمنة الجيولوجية

البليوستوسين والهولوسين سويا الزمن الرابع . وان كان من الصعب أن نضع حدودا فاصلة بين بعض هذه الوحدات وعلى وجه التحديد بين كل من الزمن الثالث والزمن الرابع . وبالمثل نجد أن الحد الفاصل بين البليوستوسين والهولوسين لايختلف فى خصائصه عن الحدود بين الفترات الجليدية وما يتبعها من فترات بين جليدية ، حيث يفضل بعض الباحثين اعتبار الهولوسين جزء من البليوستوسين عن كونه عصرا منفصلا تماما . ويستند الجدال القائم ضد استخدام مصطلح الهولوسين كإسم لفترة زمنية على أساس أن البليوستوسين مازال ممتدا وأن الهولوسين قصير جدا بحيث لايستحق تخصيص مصطلح له ، وقد نوقشت هذه المشاكل فى سلسلة من الأبحاث منها على سبيل المثال (Flint, 1971, p 379; West, 1972, p. 224 and Vita - Finze, 1973, p. 35) وفى هذا الكتاب تستخدم مصطلحات البليوستوسين والزمن الرابع Quater-nary والهولوسين على النحو التقليدى نظرا لشيوع استخدامهم إلى حد كبير .

حجم التغير البيئى :

يتباين طول الفترات الزمنية التى تستغرقها التغيرات البيئية . ويلخص الجدول رقم ١ -١٠ النظم الرئيسية للتغير المناخى والذى يمكن التعرف عليها بدءا بالتذبذبات الثانوية التى تقع ضمن فترة التسجيل الآلى [1] ولايتعدى طولها مدى زمنى يبلغ عشرات سنوات إلى الفترات الجيولوجية الرئيسية والتى يبلغ طولها عدة ملايين من السنوات . وعلى سبيل المثال فالأطوار الرئيسية لنشاط العصر الجليدى ، تبدو متكررة وتفصلها نحو ٢٥٠ مليون سنة ، وكمثال هناك دليل بين لا لبس فيه أنه بين ٣٥٠ – ٢٥٠ مليون سنه [2] مضت كان هناك جليد فى المناطق الإستوائية الحالية ، بينما فى الفترة ما بين ٢٠٠ ، ١٠٠ مليون سنة مضت مرت الأرض بفترة ذات ظروف مناخية أفضل كانت عموما أكثر دفئا مما هى عليه اليوم . ومن المحتمل أن التغيرات خلال هذا المدى الزمنى

---

(١) المقصود بفترة التسجيل الآلى هى السنوات الأخيرة التى استخدمت فيها الأجهزة لرصد عناصر المناخ (المترجم)

(٢) حدد Brooks (١٩٢٦) ٢٥٠ مليون سنة كطول لفترات جليدية رئيسية رآها كسلسلة من الأحداث يتوزع فيها المناخ العادي لوقت قصير، حيث أنه فى الفترات الطويلة عندما يمر اعصار يعمل على اضطراب الحياة الآمنة فى جزيرة مدارية وقد أشارت أعمال لاحقة أن هذا يعتبر نموذجا فى غاية البساطة .

الطويل قد حدثت نتيجة التغيرات فى مواقع وأشكال الكتل القارية الناتجة عن عملية الانتشار Spreading التى تتم فى قاع المحيط . وعلى العكس يمكن أن تكون العصور الجليدية نفسها كما هو الحال فى العصر الجليدى البليوستوسينى قد استمرت لما يقرب من ٥٠٠٠٠ سنة فقط . هذا ، وليس من الممكن أن نتصور حدوث مثل هذه التغيرات قصيرة المدى نتيجة زحزحة القارات ولكن يجب وضع بعض العمليات الطبيعية الأخرى فى الاعتبار (أنظر الفصل السابع) . وإن كانت التغيرات قصيرة المدى هى التى تشكل الأحداث الأكثر فاعلية فى تاريخ البشرية .

تطور الأفكار الخاصة بالتغير البيئى :

فى الوقت الذى أدركنا أن الأرض قد شهدت تغيرا بيئيا على مدى تاريخها . أدركنا كذلك أن عمر الأرض يمتد أطول بكثير عما كان يعتقد من قبل . فقد كان هناك اعتقاد سائد (حسب تحديد الإنجيل) بأن الأرض قد خلقت فى عام ٤٠٠٤ ق .م واستمر هذا الاعتقاد حتى نهاية القرن الثامن عشر ، وفى نفس الوقت كان هناك اعتقاد بأن ظاهرات النحت والإرساب البارزة على سطح الأرض يمكن تفسيرها كنتائج لفيضان نوح والكوارث الطبيعيةالأخرى وقد ثبت خطأ هذه الأفكار تدريجيا من خلال الأدلة التى توصل اليها الجيولوجيون والمؤرخون الطبيعيون أمثال George Poulett Scrope , Count Buffon, Guettard . ويعتبر جيمس هاطون وصديقه John Playfair على وجه التحديد – وكلاهما من علماء أدنبرة – من اكثر المفكرين تأثيرا فى نشر الأفكار الجديدة ، حيث أنهم لم يروا فى السجل الجيولوجى أى أثر لبداية أو دليل على نهاية . كما أدركا أنه يمكن تفسير تعقد السجل الرسوبى من خلال فعل عمليات مماثلة للعمليات الحالية والتى تمتد على مدى فترة زمنية طويلة .

وقد ظهرت فكرة تذبذب أوتغير المناخ والمظاهر البيئية الأخرى خلال تلك الفترة الزمنية الطويلة ، بعدما اكتشف أن الجليد النرويجى والألبى امتدا وغطيا مساحات خارج حدودهما الحالية . فقد تقدم العلماء فى نهاية القرن الثامن عشر ببعض المقترحات المتعلقة بهذه الفكرة . ففى سنة ١٧٨٧م لاحظ De Saussure وجود كتل صخرية ضالة من صخور ألبية على جبال جورا Jura. واستنتج هاطون أن مثل هذه الكتل الضالة المنقولة لمسافات طويلة لابد أن تكون وليدة نهر جليدى نظرا لشذوذ وجودها . وطور بلاى فير Playfair هذه الأفكار سنة ١٨٠٢م وأصبحت النظرية الجليدية على نحو ما عرفت به فى العشرينات من القرن التاسع عشر مبدءا أساسيا شائعا . وفى سنة ١٨٢١م تقدم المهندس السويسرى Ventez باقتراح عن الامتداد

جدول رقم ١-١ ترتيب التغيرات المناخية

وحدة القياس الزمني		
١- تغيرات ثانوية خلال فترة التسجيل الآلي	١٠ سنوات	تغيرات طفيفة تتراوح أطوالها بين ٢٥ ، ١٠٠ سنة مع بعض الشذوذ في طول هذه الفترات ومدى شدتها .
٢- تغيرات ما بعد الجليد وتاريخيه	$١٠^{٢}$ سنة	اختلافات تتراوح أطوالها بين ٢٥٠ - ١٠٠٠ سنة مثال ذلك طول التراجع شبه الأطلنطي والتي أثرت على الزراعة في أوربا وأمريكا الشمالية .
٣- تغيرات جليدية	$١٠^{٤}$ سنة	دورات داخل العصر الجليدي ، مثلا كان طول فترة ڤيرم ٥٠ × $١٠^{٣}$ سنة
٤- تغيرات جيولوجية ثانوية	$١٠^{٦}$ سنة	طول العصور الجليدية ، فترات تطور الفصائل .
٥- تغيرات جيولوجية رئيسية	$١٠^{٨}$ سنة	عصور جليدية على فترات يصل طولها إلى ٥ ٢ × $١٠^{٨}$ سنة

الأسس الرئيسية للبراهين

١- آلية . آثار الجليد ، سجلات تصريف الأنهار ومستوى البحيرات ،

سجلات غير آلية : المحاصيل ، حلقات الأشجار والتى تستخدم كذلك للتأريخ

٢- سجلات مبكرة عن الأحداث المتطرفة ، حلقات الأشجار الحفرية ، الآثار ، مستوى البحيرات ، الطفل الرقائقى والرواسب البحيرية . العينات اللبية المحيطية ، وتحليل حبوب اللقاح ، والتأريخ بواسطة الكربون المشع

٣- خصائص حيوانات ونباتات رواسب الفترات ما بين الجليدية ،تحليل حبوب اللقاح ، اختلاف ارتفاع خط الثلج وامتداد الأراضى المتجمدة ، العينات اللبية المحيطية .

(٤ - ٥) الأدلة الجيولوجية ، خصائص الرواسب ، حفريات حيوانية ونباتية . التأريخ من خلال النشاط الإشعاعى للصخور .

after Manley 1953

السابق للجليد السويسري . ودعم Charrpentier هذه الأفكار في عام ١٨٣٤ . وتبنى نشر هذه الأفكار Louis Agassiz (وهو سويسري أيضا) وأحد مبتدعي تعبير العصر الجليدي . وفي النرويج تقدم Esmark بنشر أفكار مماثلة في عام ١٨٢٤ . وفي عام ١٨٣٢ قفز Bernnar-di خطوات حيث اقترح أن السهل الألماني العظيم قد تأثر ذات مرة بالزحف الجليدي من جهه القطب الشمالي .

وعلى الرغم من هذا التقارب في الفكر بين المصادر المتعددة ، فلم يكن من السهل قبول أو استيعاب هذه الأفكار . وعلى مدى سنوات ظل الاعتقاد بأن الرواسب الجليدية till, drift والكتل الضالة erratics كلها ناتجة عن غمر بحري ، وبأن معظم الرواسب قد حملتها جبال جليدية عائمة . ولقد لاحظ Sir Charles Lyell رواسب محمولة على جبال جليدية عائمة عبرت البحار إلي أمريكا ووجد أن مثل هذا المصدر للرواسب يتفق مع اعتقاده في قوة العمليات السائدة - وهو مبدأ التطور البطيئ المنتظم Uniformitarian اكثر من مفهوم تواجد زحف جليدي مباشر في الأصل . لعدة سنوات كان هناك اعتقاد أن مظاهر الترسيب الجليدي - مثل الاسكر - من أصل بحري ، وصنفت إلى اسكر هامشية واسكر حاجزية وإسكر المياه الضحلة . وعلاوة على ذلك ، فقد أيد فكرة الأصل البحري ، احتواء بعض الرواسب السطحية في بريطانيا على قواقع بحرية .

وكان أول من اهتدى إلى مفهوم Agassiz للعصر الجليدي Dean Buckland عندما زار Agassiz لندن عام ١٨٤٠م . إلا أن هناك جيولوجيون آخرون عظماء مثل Sir Roderick Impey لم يأخذوا بالأفكار الجديدة التي تعتقد في الزحف الجليدي على نطاق واسع ، غير أنه إقتنع في عام ١٨٦٠ بأن وطنه اسكتلندا وأجزاء أخرى من أوروبا قد غطاها الجليد ، وأن كثيرا من الرواسب السطحية هي رواسب جليدية . ورغم هذا فقد ظل البعض غير مقتنعين بهذه الفكرة ، ففي عام ١٨٩٢ مثلا ، أصدر H.H. Howarth كتابه المسمى "شبح الجليد والفيضان" حاول العودة فيه إلى مبدأ الطفرة أو الفجائية .

وفي عام ١٨٤٠ سافر Agassiz إلى جامعة هارفارد كأستاذ زائر وهناك نشر أفكاره عن الغمر الجليدي ، بالرغم من أن بعض الأمريكيين العاملين في هذا المجال بما فيهم Conard and Hitchock اعتنقوا هذا المفهوم قبل وصوله .

وقد تقدمت دراسة التغير البيئي على نحو أفضل في عام ١٨٦٠ عندما قدم كل من Sir Archibald , A.C. Ramsay, T.F. Jamieson دراسة تفيد أن الزحف الجليدي لم يحدث مرة واحدة بل تكرر عدة مرات حيث كان هناك فترات جليدية تفصلها فترات دافئة . ويمكن

تعريف هذه الفترات الفاصلة بأنها ظروف مناخية غير جليدية تسودها درجات حرارة دافئة كتلك التي سادت في الهولوسين وثمة نوع آخر من الاضطراب المناخي وهو ما يسمى بالتوقفات Inter-stadial وهي فترة كانت إما باردة جدا أو معوقة بحيث أنها منعت نمو الغابات النفضية المعتدلة أما مصطلح stadial فيفيد تقدم الجليد .

وقد أكد كل من بروكنر Bruckner وبنك Penck عام ١٩٠٩م في عملهما عن جبال الألب ، فكرة تكرار الفترات الجليدية glacials و ما بين الجليدية interglacials والزحف الجليدي stadials والتوقف الجليدي interstadials خلال العصر الجليدي . وخلال عملهما هذا ابتدعا وطورا الكثير من المصطلحات والتفسيرات المستخدمة حتى يومنا هذا .

أما المناطق التي تقع خارج نطاق الزحف الجليدي البليوستوسيني فقد شهدت أنواعا أخرى من التغير البيئي . ورغم أن Agassiz بعد قيامه برحلة إلى البرازيل سلم بأن الأقاليم الاستوائية تعرضت أيضا لغمر جليدي ، واعتقد أن حوض نهر الأمازون قد غطاه الجليد . لكن يبدو أن Agassiz قد ترك لحماسة العنان وتشيعه لرأيه لأن يرى تلك التربة الناتجة عن التجوية العميقة والكتل الصخرية الناتجة عن التجوية الكيميائية النشطة في المناطق الاستوائية على أنها ناتجة عن زحف جليدي . وثمة تقييم أكثر صحة عن تأثير التغير المناخي في الأقاليم التي لم يغطها الجليد في المناطق المدارية ودون المدارية ، قدمه كل من Jamieson , Grove Karl Gilber, Israel Russel, Lartet وقد درس هؤلاء جميعا التغيرات في مستوى مياه بحيرات البليوستوسين في المناطق شبه الجافة وذلك بدراسة الشواطئ البحيرية القديمة والدلتاوات وكما درسوا الحجر الجيري الطحلبي . وقد استطاع هؤلاء من خلال عملهم أن يقيموا علاقة افتراضية عامة بين جليد العروض العليا وفترات المطر في العروض الوسطى والدنيا وقد استطاع Russell أن يربط بين الركام الجليدي في سيرانيفادا وخطوط الشواطئ حول بحيرة مونو Mono في كاليفورنيا . وقد أشار Gilbert أن بحيرة بونوفيل تعرضت لتغير المنسوب عدة مرات ، ويعتقد جيولوجيون آخرون أجروا بحوثا في غرب الولايات المتحدة أن نقص هطول الأمطار ربما يعلل مظاهر شذوذ التصريف النهري التي شاهدوها في بعض تنقلاتهم . وقد ابتكر Alfred Tylor مصطلح Pluvials في عام ١٨٦٨م والذي يقصد به أساسا فترة تتميز بأمطار غزيرة في المناطق التي تقع خارج نطاق الغطاءات الجليدية . وتبقى مشكلة معاصرة الفترات المطيرة للفترات الجليدية في العروض العليا أحد المشاكل التي اختلفت بشأنها الآراء (راجع الفصل الثالث) .

وتعتبر التغيرات الكبيرة في المستويات النسبية بين مستوى اليابس وسطح البحر على نفس الدرجة من أهمية التغيرات المناخية البليستوسينية بل وتربطهما علاقة وثيقة . ومرة أخرى يظهر اسم Playfair كشخصية بارزة ، حيث أورد في كتابة Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth الذي صدر عام ١٨٠٢م أورد شرحا مفصلا عن الشواطئ المنكشفة في فنلندا واسكندينافه Fennoscandia، وقد أوضح أن السبب في هذه الحالة الخاصة هو ارتفاع القشرة ، رغم أنه افترض أن هذه الشواطئ ناجمة عن تبريد متواصل للقشرة مصحوب بانكماش . وعلى أية حال فقد اقترح Jamieson الذي كان يعمل في اسكتلندا عام ١٨٦٠م ، ولأول مرة ، أن وزن الجليد قد يكون السبب في هبوط سطح الأرض في المكان الذي يغطيه الجليد ، وأن ازاحة هذا الوزن بذوبان الجليد في الأوقات التي تلت الغمر الجليدي يؤدي إلى ارتفاع القشرة . وقد أضاف Gilbert إلى هذه الفكره بأن عزى الالتواء الواضح في شواطئ بحيرة بونوفيل إلى ازاحة وزن المياه في فترة الجفاف . ويعتبر Dutton من اكثر الباحثين في هذا المجال نجاحا في توضيح أهمية هذه العمليات التي أطلق عليها توازن القشرة الأرضية Isostasy

ومنذ سنوات طويلة في الثلاثينات والأربعينات من القرن التاسع عشر حاول كل من Lyell and Maclaren أن يوضحا أن أنهار وغطاءات جليدية أوسع انتشارا عملت على احتباس كميات من المياه على اليابس مما أدى إلى انخفاض مستوى سطح البحر عدة أمتار عن مستواه الحالي . وتسمى بنظرية تغيرات المنسوب البحري العام eustatic theory . وسترد مناقشة أسباب وتأثيرات تغير مستويات سطح البحر الناجمة عن انحباس المياه على اليابس على هيئة جليد وعوامل أخرى في الباب قبل الأخير من هذا الكتاب .

وسائل التقنية التقليدية :

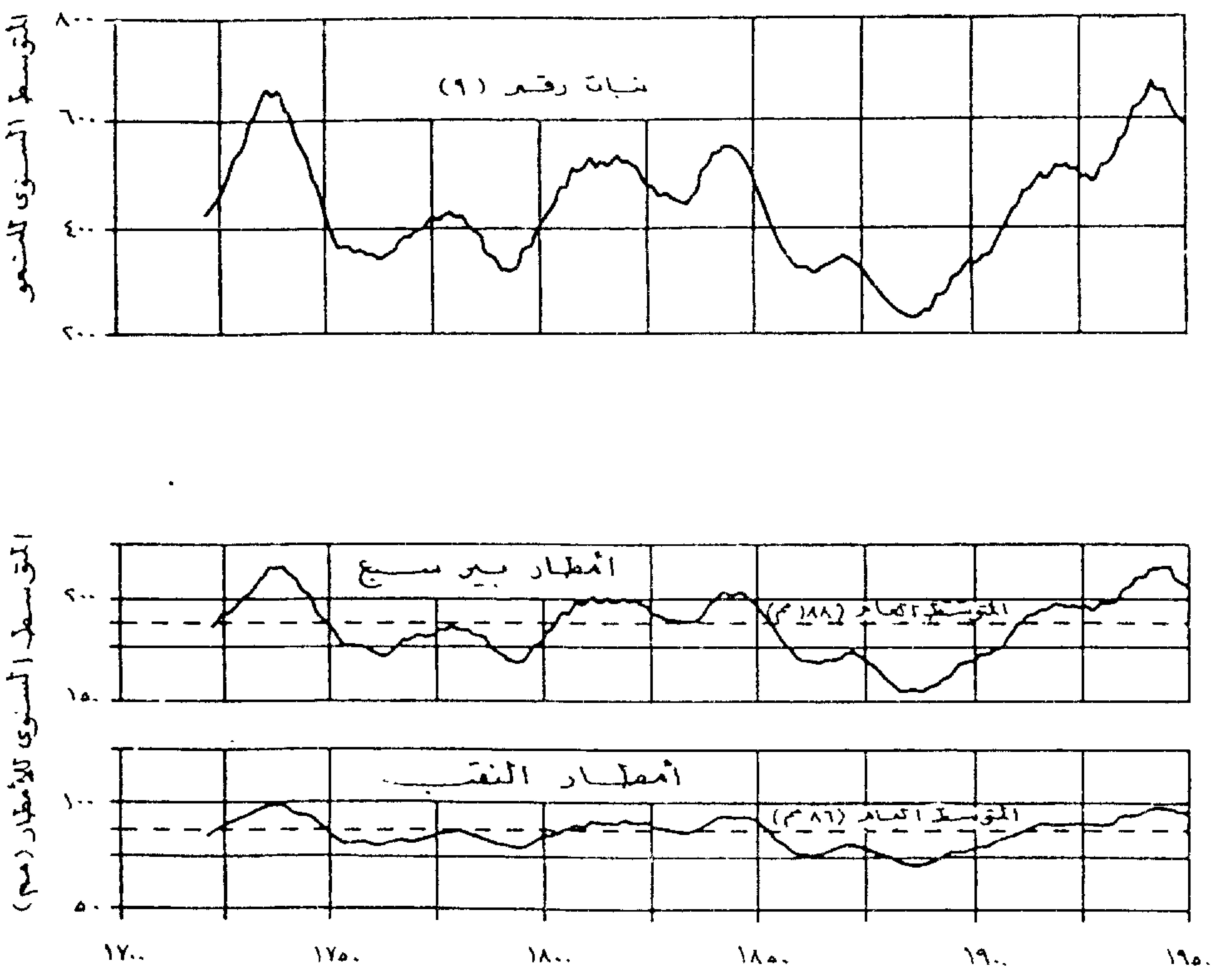
على الرغم من أن وسائل التقنية الحديثة أصبحت على قدر كبير من الأهمية ، فإنها لم تحل محل الوسائل التقليدية تماما بل تعتبر مكملة لها . ومن بين الوسائل التي تستخدم لدراسة التعاقب الزمني والظروف البيئية التي سادت في الزمن الرابع الرقائق الحولية الصلصالية varves [١] والحلقات الشجرية وحبوب اللقاح والحفريات النباتية الدقيقة وبقايا الحيوانات .

(١) يمكن تحديد عمر الرواسب من عدد الرقائق حيث أن كل زوج من هذه الرقائق يترسب خلال سنة واحدة (المترجم)

والصلصال الرقائقي الحولي عبارة عن رقائق متبادلة يتشكل في مجموعات ثنائية كل زوج منها يترسب في سنة . إذ تترسب طبقة ذات حبيبات كبيرة نسبيا في فصل الصيف عند نوبان الجليد وأخرى ذات حبيبات أدق في كل من الشتاء والخريف . وبالتالي تتراكم الطبقات المتبادلة . ودراسة الصلصال الرقائقي الحولي يعتمد على مدى العلاقة بين هذه الطبقات في مواقع مختلفة وأن هذه الزوجيات من الطبقات يترسب سنويا . وقد طبق de Geer هذه الوسيلة في السويد . ويمكن لنا أن نتأكد من صحة نتائج هذا الأسلوب باستعمال الكربون المشع Tauber, C14) (1970. وحيث يندر أو تنعدم المواد التي يمكن معها استخدام C14 فإن طريقة الصلصال الرقائقي يمكن الاعتماد عليها إلى درجة معقولة ، وبنفس الإسلوب تستخدم طريقة الحلقات الشجرية Tree rings حيث يستخدم عدد الحلقات الشجرية في معرفة عدد السنوات . وفي الظروف الإيجابية يمكن أن يعزى نمو حلقات الشجر إلى كمية التساقط وبذلك يمكن من خلالها وضع تصور للظروف المناخية السابقة (شكل ١-٢) . وقد يمتد استعمال هذه الوسيلة إلى مدى ثلاثة أو أربعة آلاف سنة حيث مازالت بعض أشجار هذه الأجيال باقية حتى الآن ، كما هو الحال مع شجر الصنوبر فى جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية ، والجدير بالذكر أن طبيعة الحلقات أيضا تحتمل إمكانية التأريخ لبقايا الأشجار والتي تقدم وسيلة أخرى لمراجعة نتائج C14 .

وتحليل حبوب اللقاح نوع آخر من أنواع تحليل الحفريات الدقيقة ويقوم هذا التحليل على أن بعض الرواسب تحوي حبوب لقاح وبذور تحملها الرياح عادة وترسبها حيث توجد هذه الرواسب . هذه الحبوب إما أن تكون مشتقة من نباتات محلية أو اقليمية . ويمكن ملاحظة التغيرات النباتية التي قد تسببها عوامل مناخية أو مرتبطة بالتربة أو بيولوجية يمكن تسجيلها بحفظ حبوب اللقاح على شريحة . ويمكن حصر الحبوب وتسجيلها بتفتيت الرواسب بطرق مناسبة ودراستها تحت مجهر قوي من النوع المزدوج . وتعطي نتائج هذا التحليل صورة عن النباتات في فترة زمنية معينة وبالتالي يسمح بمعرفة التغيرات النباتية في هذه الفترة .

ومن الطرق المستخدمة التي تعطي نتائج جيدة ولكنها شاقة مثل غيرها ، والتي تستخدم فيها الرخويات غير البحرية Non-marine molluscs التي توجد بقاياها بكثرة في رواسب البليستوسين . وقد وجد أن تجمع هذا النوع من الرخويات يشير إلى ظروف مناخية خاصة . والملاحظ أن حفريات الحيوانات الباردة تزداد أعدادها بينما تقل فصائلها .أما حفريات الحيوانات الدافئة فتوجد فصائلها بأعداد أكبر وكثير منها يوجد بوفرة .



(شكل ١-٢) الحلقات الشجرية وكمية المطر فى وسط النقب بفلسطين المحتلة ١٧٢٠ - ١٩٥٠

المتوسط السنوى لنموشجيرات Zygophyllum dumasu فى وسط النقب. أو ضحت أنها يمكن أن تعطى تقديرات موثوق بها عن متوسط كمية المطر فى بئر سبع وكذلك مرتفعات النقب باستخدام تسجيلات المطر لمدة ٤٥ عاماً فى بئر سبع أمكن تقدير متوسط كمية المطر السنوى لوسط مرتفعات النقب ثم استنتجت سجلات لمدة ٢٥ سنة كما نرى فى المنحيات (المتوسط المتحرك المرجح لكل ٢١ سنة للفترة من ١٧٢٠ - ١٩٥٠) . (From Shonan , Evenari and Todmor , 1967)

وبصورة مماثلة تم تطوير طرق تقنية لدراسة الخنافس beetles – وعلى وجه الخصوص في جامعة برمنجهام (Coope et al. 1971) – إذا وجدت الأجنحة وأغطية الأجنحة في رواسب مناسبة . وحيث أن توزيع الكائنات الحية معروف تماما وعلى وجه الخصوص في اسكندنافيا ، فقد ثبت بسهولة تفسير البيئات القديمة بدراسة بقايا الحشرات المندثرة . وقد تطابقت هذه النتائج مع نتائج حبوب اللقاح ، ودراسة الرخويات غير البحرية ، بالرغم من وجود اختلافات محدودة .فمثلا في Lea Marston في Warwickshire في انجلترا وبدراسة رواسب يرجع عمرها إلى ٩٥٠٠ سنة مضت ظهر بها خنافس دافئة نسبيا بينما سادت نباتات باردة مثل Betula, Salix and Pinus ويبدو أن سبب هذا التناقض يرجع إلى أن الحشرة كانت سريعة الحركه وكانت قادرة على التكيف مع الظروف المناخية السائدة في هذا الوقت سابقة بذلك الأشجار التي كانت تهاجر ببطء (Osborne, 1979) .

وسائل التقنية الحديثة :

خلال العقدين الماضيين تطورت دراسة التغير البيئي نظرا لتطوير أساليب تقنية حديثة ، وبوجه خاص وسائل التأريخ وتقدير درجة الحرارة . وبذلك أمكن تحديد تواريخ الأحداث بصورة اكثر دقة على مدى فترة زمنية طويلة فسهلت بذلك عملية المضاهاة زمانيا ومكانيا والتي كانت حتى ذلك الوقت غاية في الخطورة . وقد أدى استخدام هذه الأساليب مصاحبا للإكتشاف العلمي التفصيلي في مناطق كانت مجهولة خاصة في أمريكا الجنوبية وفي كلهاري والحبشة والهند والمناطق القطبية ، إلى تغير كبير في مفاهيمنا عن تاريخ الأرض منذ ظهور الإنسان عليها .

ويذكر على وجه الخصوص وسائل التأريخ الراديومتري (النظائر Isotopic) ومنها الكربون المشع ، سلسلة اليورانيوم والبوتاسيوم – الأرجون (جدول ١–٢) .

وتقوم هذه الوسائل الثلاثة على قياس كميات العناصر التي قد تتشكل عبر الزمن بواسطة التحلل الاشعاعي أو تتعرض له . وحيث أن نصف نشاط هذا الكربون المشع يفقد بعد فترة تقدر بـ ٥٧٣٠ سنة ، يمكن تحديد الزمن الذي مات فيه الكائن وذلك بقياس النشاط الاشعاعي لتلك المادة المحتواه على الكربون المشع . وقد اسخدمت هذه الطريقة (C14) في السابق بصورة أساسية لتقدير أعمار المواد العضوية مثل اللبد النباتي والخشب . وقد بدأ في الآونة الأخيرة

جدول ١-٢

بعض طرق النظائر المشعة المستخدمة لتأريخ رواسب الزمن الرابع

الأسم	النظائر	نصف الحياة (سنوات)	المدى (سنوات)	المواد
الكربون المشع	C14	٤٠+٥٧٣٠	صفر-٥٠,٠٠٠	اللبد النباتي ، الخشب ، القواقع الفحم النباتي ، الطين عضوي، الطحالب ، التوفا ، التربة ، الكربونات
سلسلة اليورانيوم	$\overline{U234}$	٢٥٠,٠٠٠	٥٠,٠٠٠ – مليون	الكربونات البحرية ، المرجانيات البحرية ، الرخويات
	$\overline{TH230}$	٧٥,٠٠٠	صفر-٤٠٠,٠٠٠	العينات اللبية من أعماق البحار ، المرجانيات ، الرخويات
	$\overline{Pa233}$	٣٢,٠٠٠	٥,٠٠٠ – ١٢٠,٠٠٠	المرجانيات و الرخويات
بوتاسيوم – أرجون	$\overline{K40}$	١,٣×١٠^٩	أكثر من ٢٠,٠٠٠	الصخور البركانية والجرانيت .... إلخ

استخدامها على نطاق أوسع في المواد التي ترجع إلى البليستوسين المتأخر وبوجه خاص كربونات التربة والرخويات . وقد تطورت منذ تطبيقها للمرة الأولى عام ١٩٤٩ ، وتعطي نتائج مع الأدلة الأثرية عن التعاقب الزمني لما يقارب ٦٠٠٠٠ سنة الأخيرة بالرغم من وجود بعض مشاكل عملية عندما يزيد العمر عن ٤٠٠٠٠ سنة .

وبالرغم من فائدة هذه الوسيلة إلا أنها لها مشاكلها التي لابد وأن تأخذ في الاعتبار عند تقويم صحة هذه الأعداد الكبيرة من التواريخ المتاحة لنا حاليا . من هذه المشاكل ، تلوث العينات . فالأحماض الدبالية ونواتج التحلل العضوي وكربونات الكالسيوم الحديثة قد تتسرب إلى أسفل حيث تؤدي إلى تلوث الرواسب السفلي . وفي حالة الكربونات غير العضوية فإن الكربونات الحديثة قد ترسب أو تحل محل الكربونات مجال الدراسة . هذا ويستحيل ازالة التلوث من الشقوق والثقوب . وبالإضافة إلى ذلك هناك مشاكل أخرى متنوعة من بينها أن المختبرات المختلفة قد تستخدم أنصاف أعمار مختلفة . كذلك تم اكتشاف أن تذبذب الإشعاع الكوني مع مرور الوقت قد تؤدي إلى فروق طفيفة في توازن C14 الموجود في الغلاف الجوي والغلاف المائي .

ومنذ بداية الستينات تم استعمال البوتاسيوم - أرجون K/Ar لتأريخ البليستوسين والبليوسين وكما سنرى فيما بعد فإن تطبيق هذه الطريقة قد غير رأينا عن طول البليستوسين وعن الوقت الذي بدأ فيه تكوين الجليد . وبينما يستخدم الكربون المشع لتأريخ الكربونات العضوية وغير العضوية فإن تحديد التواريخ بواسطة البوتاسيوم - أرجون - التي يمكن أن تغطي نظريا فترة زمنية غير محدودة - تستخدم المعادن غير المتحولة الغنية بالبوتاسيوم ذات الأصل البركاني في البازلت والأبسيدان وأمثالهما . وعلى كل حال فإنها عمليا تستخدم للمواد التي يزيد عمرها عن ٥٠٠٠٠ سنة .

وفي الستينات أيضا تم تطبيق طرق الصوديوم - يورانيوم وسلسلة اليورانيوم الأخرى لتأريخ بعض المواد مثل الرخويات والمرجانيات . ورغم وجود بعض القصور وبوجه خاص بالنسبة للرخويات ، فإن لهذه الطرق أهميتها في دراسة المرجانيات لسد الفجوة بين طرق الكربون المشع والبوتاسيوم - أرجون . وتستخدم هذه الطرق بنجاح في المواد التي يصل عمرها إلى ٢٠٠٠٠٠ سنة. وقد أدت التواريخ التي تم الحصول عليها بتطبيق سلسلة اليورانيوم على المصاطب المرجانية إلى تغير كبير في الأفكار السابقة عن تغير مستوى البحر قبل الفترة الجليدية الأخيرة . وبالإضافة إلى الطرق التي تستخدم فيها النظائر المشعة فقد أمكن مؤخرا الاستفادة من تقويم الأحداث المغناطيسية . فحيث أن الأرض لها ما اصطلح عليه بالمجال المغناطيسي العادي نجد

أنه عند القطب الشمالي المغناطيسي تميل البوصلة رأسيا في اتجاه سطح الأرض . وعموما ولأسباب ليست مفهومة تماما فإن المجال المغناطيسي قد ينعكس تماما . وحيث أن بعض الصخور والرواسب قد تحتفظ بإشارات مميزة للمجال المغناطيسي أثناء ترسيبها، فقد أصبح ممكنا وضع تقويم للأحداث المغناطيسية تميزها اشارات تتحول من العادي normal إلى العكسى reverse وحيث أمكن وضع تواريخ لكثير من هذه التحولات بوسائل مستقلة ، فإن هذه التحولات المغناطيسية جعلت من الممكن تأريخ جزء معين من تتابع طباقي متناسق مقابل نظام رئيسي Master, (Glass et al,1967) و لهذا فإن رواسب من العينات اللبية لأعماق البحار يمكن معرفة أعمارها بطول زمني لابأس به .

وقد تم وضع نظام ذي مستويين لوصف تسلسل انعكاس القطب ، ففي نهايته السفلى توجد الأحداث القطبية – فترات قصيرة للقطبية العادية أو الانعكاسية تستمر لمدى ١٥٠٠٠٠ سنة أو أقل . وفي الجزء الأعلى توجد الدورات القطبية – وهي فترات أطول ، كان المجال المغناطيسي خلالها ذو قطبية واحدة وقد تحوي حدثا أو أكثر .(Cox et al ,1968) أنظر شكل ١-٣ .

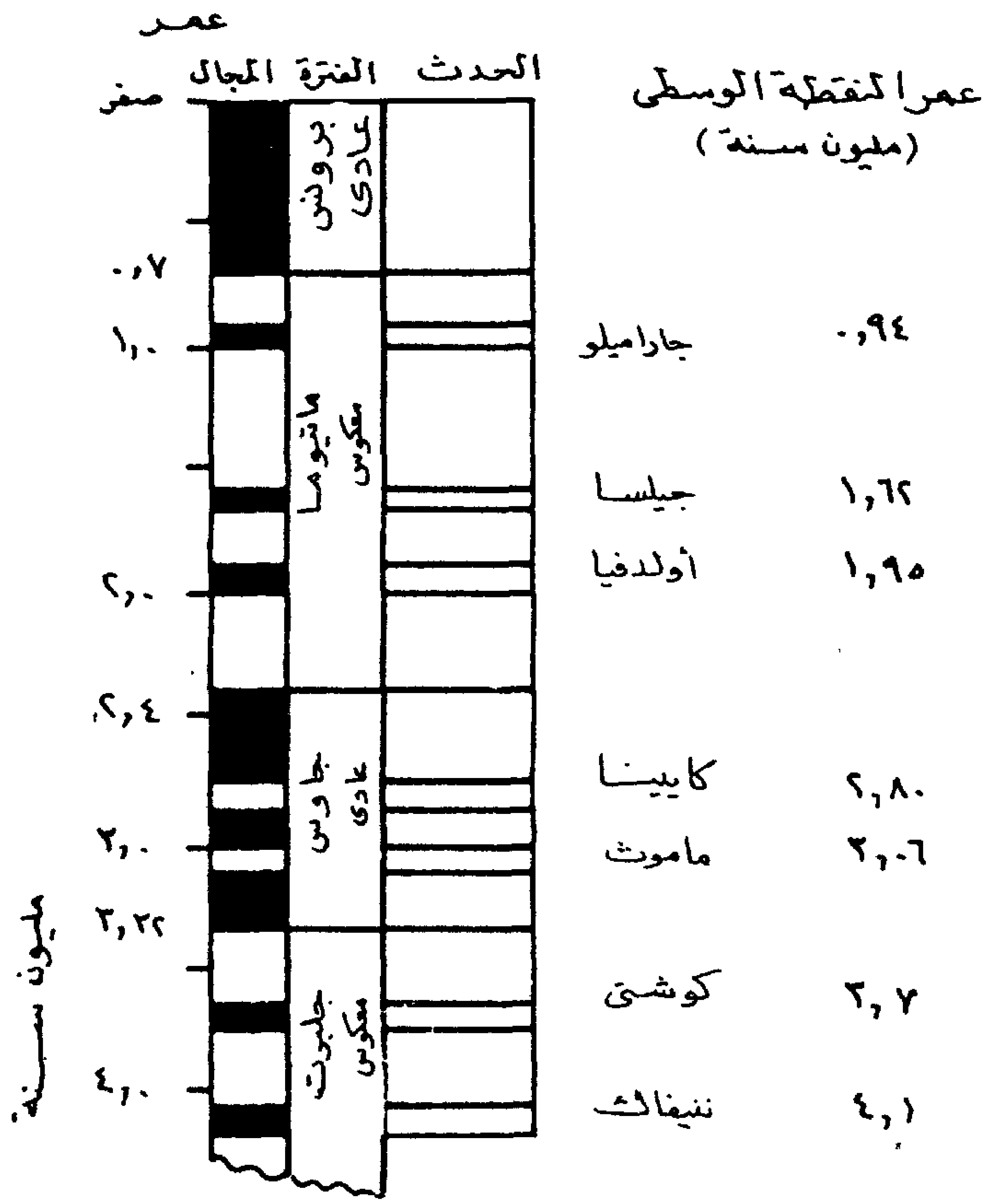
وفي دراسة الثورانات البركانية يساعد على التأريخ في الزمن الرابع . فالرماد البركاني المختلف يمكن دراسة خصائصه وتركيبه الكيماوي . ويؤرخ الرماد البركاني بواسطة C14 باستخدام الرواسب المشتركة . أو يؤرخ بواسطة K/Ar للمادة البركانية الأصلية . وعندما يتم تحديد عمر الرماد البركاني يمكن استعماله كمستوى مميز للوحدات الأخرى ويطلق على هذا الأسلوب مصطلح Tephrochronology .

وثمة أسلوب آخر للتأريخ جدير بالذكر وهو ما يطلق عليه اسم قياس الفطريات Liche-nometry . وقد ازدادت أهمية هذا الأسلوب في العشر سنوات الأخيرة . وله أهمية خاصة في تأريخ الأحداث الجليدية خلال الخمسة آلاف سنة الأخيرة . ومن المعتقد أن معظم الرواسب الجليدية تكون خالية إلى حد كبير من الفطريات عند تكونها . ولكن عندما تستقر هذه الرواسب فسرعان ما يصبح سطحها موئلا للفطريات التي يزداد حجمها بمرور الوقت ، ولذلك فقياس اكبر هذه الفطريات حجما لعينة شائعة أو أكثر مثل النوع المسمى Rhizocarpon geographi-cum ، يمكننا من التوصل إلى التأريخ الذي استقرت فيه هذه الرواسب .

تطور الدراسة الاستراتيجرافية للعينات اللبية لقيعان المحيطات والبحيرات والكهوف :

يعتبر تطور عمليات الحصول على عينات لبية على أعماق من قيعان المحيطات على نفس درجة الأهمية ، مقارنة بوسائل التأريخ الحديثة التي سبق مناقشتها . ومرجع هذا كون قيعان البحار والمحيطيات رغم عدم استقرارها تماما تحتفظ بسجل استراتجرافي أكثر استمرارا وطولا عن أي جزء من اليابس . وتدل العينات اللبية المأخوذة من أعماق قيعان البحار والمحيطات على أن هناك سلسلة من الفترات الباردة والدافئة يمكن تأريخها والتعرف عليها وربما ربطها بالفترات الجليدية وغير الجليدية على سطح اليابس . وقد ساعدت هذه العينات اللبية على تحديد عمر الحد الفاصل بين البليوسين والبليوستوسين والذي كان موضع خلاف كبير من قبل . هذا ويمكن دراسة وتفسير العينات اللبية بوسائل متعددة ، حيث يمكن تأريخ مواد هذه العينات بواسطة الوسائل الإشعاعية والطرق المغناطيسية أيا كانت عادية أو معكوسة . كما يمكن فحص الحفريات الدقيقة (خاصة المنخريات والشعاعيات) . كذلك يمكن تحديد الخصائص الليثولوجية للرواسب لمعرفة التغيرات في المصادر الأرضية لهذه الرواسب .

ولعل من أكثر طرق اختبار العينات اللبية إيجابية ، دراسة مدى التغير في تكرار أنواع خاصة وحساسة من المنخريات ، من المعتقد أنها تعكس التغيرات في حرارة مياه المحيط (Ken-nett, 1970) . ومن هذه الطرق الاختبارات التي تجري لتحديد نسبة عدد Globorotaliame-nardii إلى مجموع عدد المنخريات الأخرى ، وقد تكون النسبة مرتفعة أي ١٠ أو ١٢ أو تهبط إلى ما يقرب من الصفر . ويبدو أن النسب المرتفعة ترتبط بالمياه الدافئة في الفترات ما بين الجليدية بينما النسب المنخفضة ترتبط بالمياه البارد أى الفترات الجليدية وعلى هذا فإن تحليل أجزاء مختلفة من العينات اللبية المأخوذة من الأعماق ، يمكن أن تحدد مدى التغير بين الدفء والبرودة . كذلك يمكن استخدام Globorotalia Truncatulinoides لنفس الهدف . وفي أي جزء من العينة اللبية قد توضح بعض الاختبارات Left-hand direction of coiling والبعض الآخر يظهر right - hand direction of coiling . وقد توصل بعض الباحثين أن اللفات اليمنى ترتبط بمناخ دافئ بينما اليسرى ترتبط بمناخ أبرد . وعلى هذا فإن نسب اللفات اليسرى إلى اليمنى تمكن من تحديد المناخ القديم . وقد حاول بعض الباحثين استخدام طرق أكثر دقة وذلك بدراسة بقايا المنخريات ، وبدلا من مواجهة المشكلة بدراسة الفصائل الحساسة ، فقد حاولوا إيجاد تتابع مناخي معتمدا على مجموع الحيوانات (Shackleton, 1975).



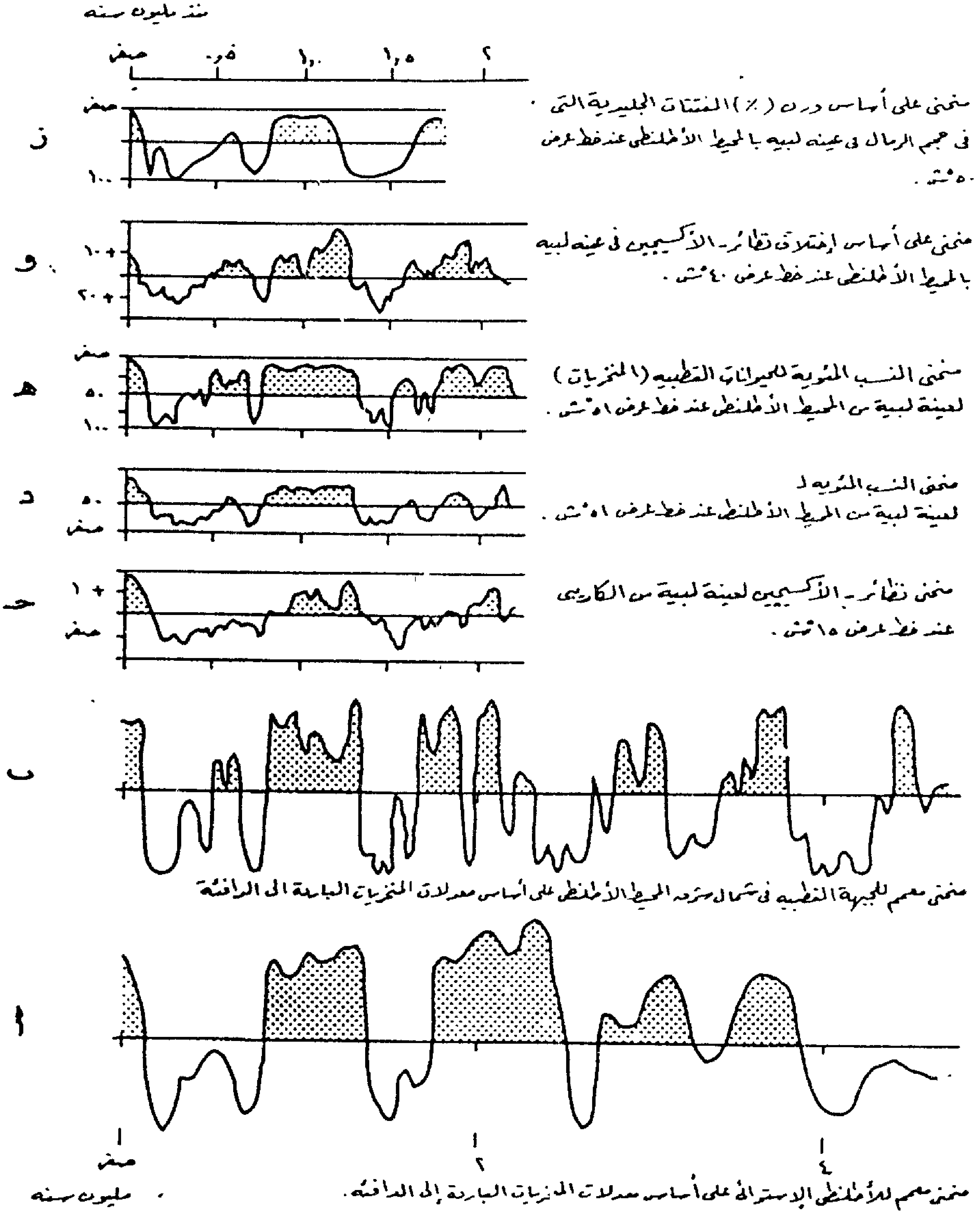
(شكل ١-٣) المقياس الزمنى للإنعكاسات المغناطيسية

الأجزاء المظللة تشير إلى الأوقات التى كان فيها المجال عاديا. (From Vita - Finzi , 1973)

كما يمكن استخدام بقايا المنخريات بقياس نسبة أ١٨/أ١٦في التحاليل الكلسية . وقد طور هذا الأسلوب (Emiliani and others) في الخمسينات وافترض أن نسبة أ١٨/أ١٦ تعتمد على حرارة الماء ، ذلك الماء الذي عاشت فيه المنخريات (Emiliani, 1961) . ورغم اختلاف الآراء حول قيمة هذا الأسلوب في اعطاء أو توفير بيانات كمية عن الحرارة القديمة (Shackelton, 1967) ، فإنها على ما يبدو تعطي صورة واضحة عن الفترات الجليدية الرئيسية والفترات الفاصلة بينها . وقد ساعدت أيضا في إبراز حقيقة هامة وهي أن الدورات الجليدية البليوستوسينية كانت أكثر مما نتوقع استنادا على الأدلة المأخوذة من التسجيلات الأرضية . وعلى أية حال فإن الغطاءات الجليدية قد لعبت دورا هاما في تحديد تسجيلات نظائر – الأوكسجين وقد وجد أنه خلال الفترات الجليدية تراكمت غطاءات جليدية ضخمة ذات نظائر خفيفة في كل من أمريكا الشمالية وأوربا . وبعد هذا الحدث انكمشت المحيطات في الحجم وزادت ملوحتها قليلا وأصبحت هي الأخرى إيجابية من ناحية النظائر (أي أصبحت غنية بـ أ١٨) (Shackelton, 1975) . وكذلك من الأدلة التي يمكن الحصول عليها من العينات اللبية المأخوذة من أعماق قيعان المحيطات ، المساحة التي تنتشر عليها المفتتات التي حملتها الجبال الجليدية ، وفي نطاقات العروض الوسطى يعتبر هذا مؤشرا غير مباشر إلى مناخ بارد ، بينما في العروض العليا ينظر اليها على أنها مؤشر للفترات ما بين الجليدية (Keany et al, 1976) . وقد طبق هذا الأسلوب على نطاق واسع في الستينات خاصة في شمال المحيط الهادي (Kent et al, 1971) وفي المحيط الجنوبي (Opdyke et al, 1966) ، وفي القطب الشمالي (Hermann, 1970) .

وبمقارنة نتائج هذه الأساليب المختلفة التي أجريت على عينات لبية أخذت من أعماق البحار لدراسة المناخ القديم ، نجد تشابها كبيرافي نمط المنحنيات وخاصة في الأجزاء العليا من العينات . ويوضح هذا التشابه الشكل رقم ١-٤ والذي يعرض مجموعة من المنحنيات من دراسات نظائر الأكسجين ومن المواد الجليدية ومن كمية الكربونات ومن تكرار المنخريات القطبية.

وتشابه الادلة المأخوذة عن دراسة الرسوبيات تلك التي وفرتها دراسة المفتتات الهوائية الموجودة على قاع المحيطات (Parmenter and Folger, 1974). هذه الادلة بالاضافة إلى وجود كميات هائلة من المعادن غير المتأثرة بالتجوية والتي تحوي الفلسبار استخدمت في تحديد ما اذا كانت المناخات المدارية دائمة الجفاف أو شبه جافة أو أنه سادتها ظروف رطبة خلال فترات معينة . ففي الفترات الجافة تميل الأنهار لحمل فلسبار غير متأثر بالتجوية ، بينما إبان



(شكل ١-٤) التذبذبات المناخية خلال ٤٠٠،٠٠٠ سنة الأخيرة كما كشفتها العديد من طرق تحليل العينات اللبية لقيعان المحيطات .

المساحات المظللة = أدفأ .

المساحات غير المظللة = باردة .

الظروف الأكثر رطوبة تقل كمية الفلسبار نسبيا عن الكوارتز. وفي تحليل الرواسب اللبية المأخوذة من قاع المحيط في غرب افريقيا وعلى نفس المنوال السابق نجد أن كلا من Opal phytoliths و diatoms وكلاهما حفريات مياه عذبة يكثران في الرواسب التي ارسبت أثناء الدفء بينما تقل هذه الحفريات في تلك الرواسب التي أرسبت أثناء البرودة (Pormenter & Folger, 1974)

كذلك امكن جمع عينات لبية من قيعان البحيرات سواء في المناطق المعتدلة أو الاستوائية . وتشير هذه العينات إلى تغيرات في طبيعة الرواسب التي تكونت عبر فترات زمنية طويلة ، فعلى سبيل المثال ، في بعض البحيرات الاستوائية أمكن التعرف على طبقات من المتخريات واعتبارها ناتجة عن ظروف جافة (ارجع إلى و Kendall ,1969) كما يمكن اخضاع العينات اللبية لتحليلا ت كيميائية دقيقة (Degens and Hecky, 1974). فمثلا في بحيرة Kivu في شرق افريقيا كان الاعتقاد السائد أن محتويات كبريتيد الحديد أو النيكل تشير إلى ظروف مطيرة أي ارتفاع مستوى المياه بينما توفر المغنسيوم والألمنيوم يعني انخفاض مستوي المياه. ولأن العينات اللبية لبعض البحيرات قد يصل سمكها إلى عدة مئات من الأمتار فإن هذه الفحوص يمكن استخدامها لدراسة أية رواسب قديمة .

وعن دراسة رواسب الكهوف فقد تم التوصل إلى بعض النتائج باستخدام النظائر المشعة في دراسة رواسب الكهوف الغنية بالكربونات . وتمت دراسة تاريخ هذه الكهوف والظروف الحرارية على سبيل المثال في فرنسا (Duplessy ,1970) وفي نيوزيلند (-Hendy and Wil son ,1968) باستخدام Th^{230}/U^{234}.

وفي محاولة لاعادة تصور طبيعة الظروف البيئية العالمية خلال فترات معينة في البليستوسين (Climap Project Members ,1976) ، استخدمت معظم المعلومات التي تم الحصول عليها باستخدام هذه الأساليب كما جرت محاولات آخرى لخلق ظروف بيئية مشابهة بواسطة الحاسب الآلي مع نموذج (Model) للغلاف الجوي للكرة الأرضية(Gates,1976) ولاتزال هذه المحاولات في بدايتها ولكن من المؤكد أنها ستساعد على زيادة فهمنا للماضي ، كما يمكن أن تساعدنا على التنبؤ بالمستقبل .

العينات اللبية الجليدية :

لحقت التسجيلات التي وفرتها دراسة عينات أعماق قاع البحار في السنوات القليلة الماضية بسجلات أخرى عن عينات لبية أخذت من الغطاءات الجليدية في كل من محطة بيرد Byrd في انتركتيكا وفي جزيرة ديفون في كندا القطبية وفي كامب سنشري وجزيرة كريت في جرينلاند وقد بلغ سمك العينة اللبية في كامب سنشرى وفي شمال غرب جرينلاند، ما لا يقل عن ١٣٩٠ مترا . وتمثل هذه العينة على ما يبدو سلسلة متكاملة من التراكمات السنوية للثلوج السابقة .

وقد قام Dansgaard في عام ١٩٦٩ بجمع عينات على مسافات متساوية من عينات كامب سنشرى وذلك لدراسة معدل أ١٨/أ١٦، وتقوم فكرة هذا المعدل على درجة حرارة التكثيف أثناء تراكم الجليد . وعلى ذلك فمعرفة معدل أ١٨/أ١٦ على مدى طول العينة اللبية لابد أن يوفرتتابعا لتغير درجات الحرارة ذات التنوع الواسع . (أنظر شكل ٢-١٣ أ ب).

ولعل المشكلة الرئيسية لهذا الاسلوب هي المعايير الزمنية (Morner,1972) . ولان الطبقات المتراكمة سنويا تصبح أقل وضوحا كلما تعمقنا إلى أسفل حيث يقل حجمها نتيجة للضغط الواقع عليها ، لهذا فإنه لابد من اللجوء إلى بعض الافتراضات النظرية لدراسة الأجزاء السفلى من العينات . وعلى العموم فإن نتائج محطة Byrd وكامب سنشري قد انسجمت مع بعضها انسجاما تاما كما اتفقت مع أدلة أخرى .

الأدلة الجيومورفيه والبيدولوجية على التغيرات البيئية :

رغم أن النتائج التي توصلت اليها الدراسات الاستراتجرافية لقيعان المحيطات ، والدراسات البيئية القديمة للتتابعات الأرضية قد أثبتت فعالية هاتان الوسيلتان لاعادة تصور الظروف البليستوسينية إلا انه لا يجب أن نتناسي الادلة التي وفرتها دراسة الأشكال الحفرية والتربة . وان لم يكن من السهل هنا مناقشة تفاصيل العلاقات بين أشكال سطح الارض والمناخ أو بين الاشكال الحفرية والمناخ القديم ، إلا أن هناك بعض اشكال السطح التي توفر معلومات دقيقة عن البيئات السابقة (جدول ١-٣) . فأثناء الظروف الباردة والصقيع الدائم ، على سبيل المثال ، تتطور أشكال مختلفة من الارض النمطية وتلال البنجوس Pingos. ولأن توزيع الصقيع الدائم له علاقة بمتوسط درجات الحرارة يمكن استنتاج المتوسط السنوى لدرجات الحراره

جدول رقم ١-٣ بعض المؤشرات الجيومورفيه وشبه الكمية للتغيرالبيئي

الظاهرة	دلالة الظاهرة	مثال
Pin- قوالب الجليد وتلال السحوس gos. المضلعات الكبيره	صقيع ارضي دائم ويستدل فيه على متوسط سنوي سالب لدرجة الحرارة	Williams , 1975 بريطانيا
Cirques الحلبات	درجة الحرارة وعلاقتها بخط الثلج	Kaiser, 1969 الجبال الاوروبية
أحواض البحيرات المغلقة	كمية التساقط المرتبط بتكوين الشواطيء القديمة	Dury, 1969 نيو ساوث ويلز
كثبان حفرية داخل القارات	اتجاه الرياح في الماضي وكمية التساقط	Grove and Warren (1968) هوامش صحراءشمال افريقيا
روابي التوفا	ارتفاع مستوى المياه الجوفية وظروف اكثر رطوبة	Butzer and Hansen (1975) واحة كركر - مصر
الكهوف	تناوب من التحلل الكمياوي (رطوبة) وارساب هوائي . الخ (جفاف)	Cooke,1975شمال غرب بتسوانا
ركامات سفوح حادة الزوايا	فعل الصقيع مع بعض الرطوبة	McBurney and Hey, 1955
ثنيات أودية ضامرة Misfit vallley Meanders	كمية تصريف مرتفعة يمكن معرفتها من خلال العلاقات الهندسية للثنية	Dury,1965Worldwide
الخرافيش الهوائية	جفاف واتجاه الرياح	Massachusetts, Rhode Island, Wyoming Flint, 1971
أحواض تذرية ذات اتجاه وشكل معين	تذرية في ظل غطاءات نباتية محدودة	DePloey (1965) حوض الكونغو

السابقة من توزيع الاشكال الارضية النمطية وتلال البنجوس . وبالمثل فإن تواجد الحلبات الجليدية Cirqus يعتبر دليلا على مواقع الخطوط الثلجية القديمة التي يتحكم فيها المناخ . حيث أن متوسط منسوب قاع الحلبة يميل أن يكون على نفس مستوى أو أعلى بقليل من مستوى خط الثلج

بحيث يكون منسوب أدنى أرضية حلبة في مجموعة من الحلبات المتعاصرة يشير إلى الموقع التقريبي لخط الثلج المحلي . وبناء على ذلك ، فإن ارتفاع خطوط الثلج البليستوسينية يمكن مقارنتها بخطوط الثلج الحالية ، وكذلك بمعرفة معدلات هبوط درجات الحرارة يمكن تقدير التغيرات في درجات الحرارة . وفي المناطق الاكثر دفئاً يمكن ايضا استخدام أشكال سطح الارض لاعادة تصور الظروف المناخية القديمة . فمثلا ، كما سنرى بالتفصيل فيما بعد ، نجد أن الكثبان الرملية القارية الكبيرة تتكون فقط في مناطق متسعة يكون التساقط فيها أقل من ١٠٠–٢٠٠مم سنويا ، واذا زاد التساقط عن هذه الكمية يقل تحرك الرمال لدرجة كبير ة نتيجة زيادة الغطاء النباتي . وبناء" عليه ، فإن تواجد كثبان رملية حفرية في مناطق غزيرة الامطار في الوقت الحالي ، قد يعني ان معدلات هطول الامطار قد زادت منذ تكونت هذه الكثبان الرملية ، وعلى عكس ذلك فإن تواجد شواطىء حفرية لبحيرات قد يكون دليلا على التغير من ظروف رطبة إلى جافة . ومن هذا المنطلق بذلت بعض محاولات لتقدير كمية التساقط على أساس أحجام البحيرات القديمة .

ويمكن ايضا الاستفادة من دراسة التربة في الدراسات البليستوسينية حيث ان تطور تربة ما يعتمد بقاؤها واستمرارها على طبيعة وكيمياء الصخور الرسوبية والمناخ وخصائص الحيوانات والنباتات والتوازن بين النحت والارساب ، مما يحتاج لوقت طويل . ومن المعروف أنه لكي تتكون التربة لابد من الاستقرار الجيومورفي ولذا فإن تربة سميكة قديمة في تتابع من اللوس ورمال الكثبان أو الطمي قد يعطي دليلا على توقف الارساب والتحول الى مرحلة الاستقرار . وفي حالة الكثبان الرملية على سبيل المثال ، يكون الاستقرار نتيجة زيادة الغطاء النباتي الناتج عن زيادة الامطار . علاوة على هذا فإنه في تتابع ارسابي معقد فان خصائص التربة القديمة نفسها قد تتغير نتيجة لتغير الظروف البيئية . ويمكن التعرف على هذا التغير gleying (١) من خلال ما أصاب التربة من تراكم أو اختزال للكربونات وظهور القواقع الارضية ودرجة الارتشاح وتكون

---

(١) gleying = عملية تحدث في التربه تؤدى إلى إختزال الحديد من حديديك إلى حديدوز ومن ثم تتحول التربة إلى اللون الأزرق – الرمادى

الصقيع (Chaline, 1972,pp.44 and Kukla,1975) .ورغم هذا لابد ان نعرف ان تكوين التربة ومعظم اشكال سطح الارض ينتج عن كثير من العوامل من بينها الظروف المناخية التي لاتشكل سوى مجموعة واحدة من العوامل المؤثرة ، علما بان المناخ في حد ذاته غاية في التعقيد ولعلنا نقدر مدى هذا التعقيد في دراستنا للمصاطب الحفرية. فالمصاطب تتكون أحيانا نتيجة لظروف غير مناخية مثل الاحداث التكتونية أو تغير مستوى سطح البحر أو الغزو الجليدي للحوض النهري وهلم جرا . ومع ذلك اذا استطعنا أن نجنب الاسباب غير المناخية فانه من الصعب أن نصل الى استنتاج دقيق لشكل المناخ من خلال دراستنا لتتابع الطمي في المصاطب وذلك لاختلاف المؤثرات المناخية وكمية وتوزيع التساقط خلال السنة والمتوسط السنوي والفصلي لدرجات الحرارة ومتغيرات مناخية أخرى . بالاضافة إلى كل هذا فان استجابة النهر – على هيئة حمولة وصرف – لهذه المتغيرات في مثل هذه المتغيرات المناخية سيتأثر بالغطاء النباتي وزاوية الانحدار ومدي ارتفاع الحوض وظروف آخرى . ولهذا فإن تغير أي عامل من العوامل المناخية في منطقة واحدة قد يؤدي إلى تغيرات متباينة في انهار مختلفة وحتى في قطاعات مختلفة في نهر واحد . وعليه فلابد من الحذر الشديد في استخدام أشكال سطح الارض مثل المصاطب لاستقراء المناخ القديم والظروف البيئية .

الفترة السابقة لجليد البليستوسين :

لتقدير اثر التغيرات البيئية البليستوسينية على كل من سطح الارض والانسان وذلك باستخدام الاساليب السابق ذكرها ولكى ندرك أهمية هذه التغيرات ، لابد أن نلقي نظرة على الظروف البيئية التي سادت قبل البليستوسين أي خلال الزمن الثالث (أنظر جدول ١-٤)

والجدير بالذكر انه من الصعوبة بمكان ان نضع تقسيما منطقيا وثابتا بين البليستوسين والفترة الاخيرة من الزمن الثالث وهو عصر البليوسين وقد اتفق منذ سنة ١٩٤٨ على اعتبار فترة الفيلافرانشيا Villa franchian أول مراحل البليستوسين الأوروبي ونظيرتها البحرية الكالبريان Calabrian ، انهما جزء من البليستوسين وليس من البليوسين .

وقد اتفق كذلك أن البليستوسين هو الفترة التي ظهرت فيها لاول مرة الانواع الحديثة من الحيوانات مثل الفيل والجمل والحصان والقطعان البرية . وقد بذلت بعض محاولات لوضع الحد بين البليوسين الأعلى والبليستوسين الاسفل (فيلافرانشيا) على اساس بعض الاضطرابات التكتونية في التتابع الطباقي ، ولكن وجد ان هذا اساس عام غير كاف ولم يستعمل إلا على

جدول ١-٤ عصور الزمن الثالث

العصر	تاريخ البداية مليون سنة
بليستوسين	١.٨
بليوسين	٥.٥
ميوسين	٢٢.٥
أوليجوسين	٣٦,-
ايوسين	٥٣.٥
باليوسين	٦٥,-

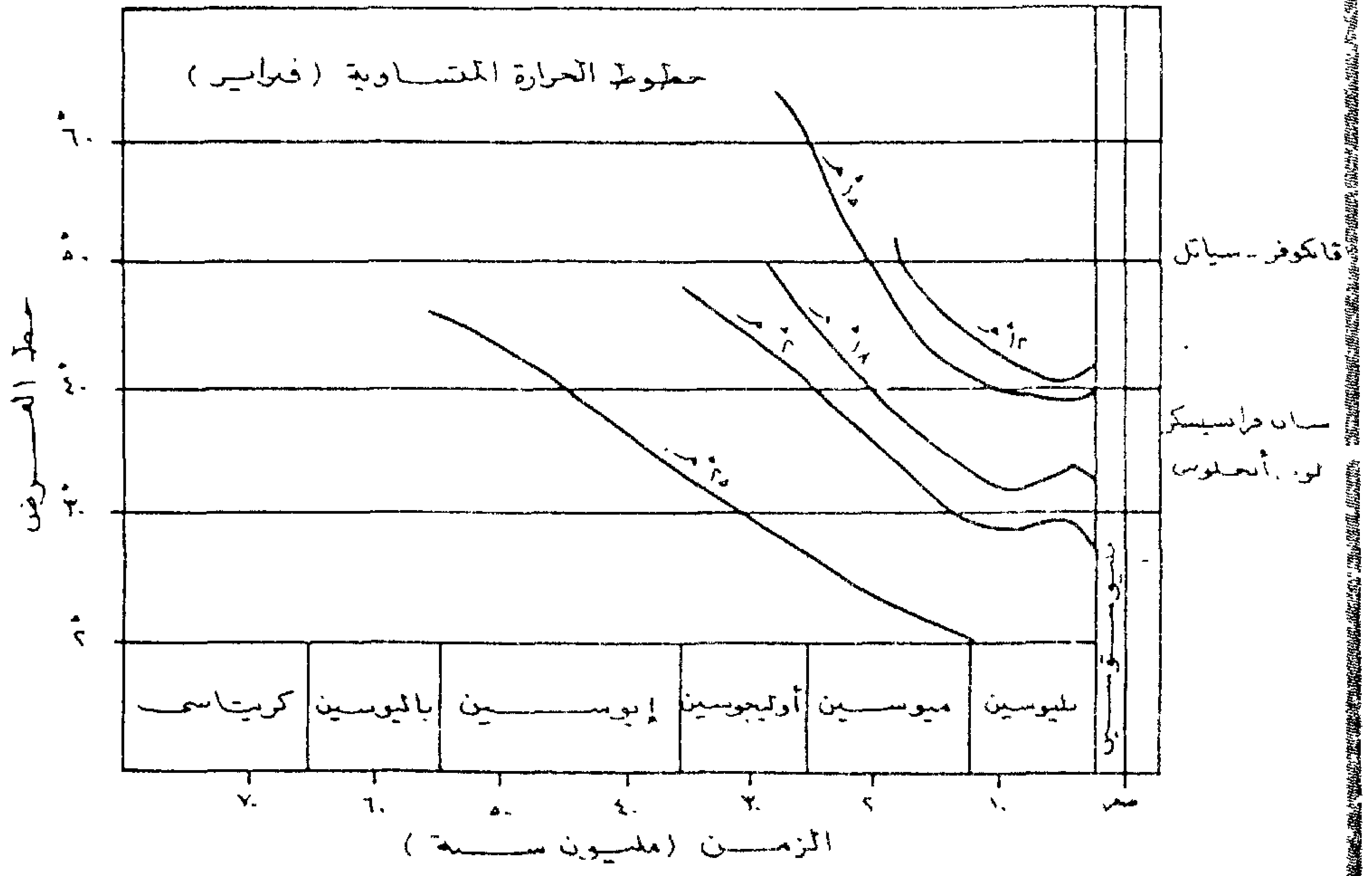
جدول رقم ١-٥ المتوسط السنوي لدرجات الحرارة في الزمن الثالث (م°)

العصر	ش.ع اوروبا	غرب الولايات المتحدة	شاطىء المحيط الهادي في امريكا الشمالية
الحديث	-	-	١٠
بليوسين	١٤-١٠	٨-٥	١٢
ميوسين	١٩-١٦	١٤-٩	١٨-١١
أوليجوسين	٢٠-١٨	١٨-١٤	٢٠-١٨.٥
ايوسين	٢٢-٢٠	٢٥-١٨	٢٥-١٨.٥

مقياس محلى جدا وقد وضع الحد بين البليوسين و البليستوسين في بريطانيا عند الحد بين صخور Coralline ، Crag و Red Crag في ايست انجليا حيث يوجد حد استراتجرافي واضح ، وحيث تزداد بصورة واضحة الكائنات الحديثة من الرخويات البحرية والرخويات ذات السمات الشمالية ويظهر الفيل والحصان في تكوينات Red Crag لأول مرة .

وفي اوروبا وضع الحد الاسفل للبليستوسين والزمن الرابع عند ظهور نباتات باردة في رواسب آواخر السينوزوى Calabrian وذلك في مناطق متفرقة في ايطاليا والتي تختلف عن نباتات البليوسين التي تقع اسفلها . والنباتات الاحدث تمتازبظهور اثنا عشر فصيلة من رخويات شمال الأطلنطي وبعض المنخريات . وفي شمال ايطاليا وجدت الطبقات البحرية التي تنتمي لفترة الكاليبريان وتتدرج في طبقات الفيلافرانشيا العليا القارية التى تحوي حيوا نات ثديية مميزة (Emiliani and Flint. 1963)

وثمة بديل آخر لوضع الحد الفاصل بين البليستوسين والبليوسين ، ويعتمد علي أسس مناخية . فبعض الباحثين قد يضع الحد الفاصل عند أول دليل على عملية تكون الجليد حيث انخفضت درجة الحرارة بسرعة وبشكل مفاجيء نسبيا . ولعل الدراسات الحديثة التي تقوم على الأساليب الحديثة التي سبق سردها والتي تحوى التأريخ بواسطة بوتاسيوم – أرجون ودراسة المنخريات وفحص تركيب الحمم البركانية ودراسة العينات اللبية المأخوذة من قيعان البحار ، تشير بوضوح إلى ان الاعتقاد القديم بأن الجليد يقتصر علي البليستوسين اعتقاد غير صحيح . ومن الواضح أن الجليد ظهر في بعض المناطق في اواسط الزمن الثالث وهذا ما أدى بـ R.F.Flint عام ١٩٧٢ أن يلاحظ أن أهم نتيجة مثيرة أدى إليها التقدم العظيم في دراسة الزمن الرابع ، ان الزمن الرابع نفسه فقد شخصيته الكلاسيكية . و فيما مضى كان هناك اعتقاد سائد أن الفترة ما بين الترياسى والثالث كانت فترة طويلة لم تظهر فيها الغطاءات الجليدية ولا الانهار الجليدية وأن الذبذبات المناخية كانت أقل تكرارا وأقل حدة عنها في البليستوسين . ومع ذلك كتب Bandy عام ١٩٦٨ " ان حجم تغيرات البلانكتون تشير الى أن التغيرات المحيطية القديمة في نهاية الميوسين وفي اواسط البليوسين هي غالبا في حجم تغيرات الزمن الرابع الكلاسيكي " وبدراسة أنواع Globigerina في العينات اللبية للمحيطات وجد دليل على امتداد الحيوانات القطبية لفترة لاتقل عن ١٠و١١ مليون سنة هذا الامتداد تبعه امتداد آخر –حسب رأيه – في اواسط البليوسين بين ٥ و٧ مليون سنة مضت . ثم الامتداد الكلاسيكي للزمن الرابع منذ ٣ مليون سنة .



شكل (١ - ٥) خطوط الحرارة المتساوية لمياه المحيط الهادى خلال الزمن الثالث

وبالمثل نجد بعض الرواسب الجليدية المتحجرة (وهي رواسب غير مصنفة وغير طباقية حملتها وأرسبتها الانهار الجليدية) متداخلة مع لافا بركانية في وادي نهر White River في آلاسكا ، ترجع هذه الرواسب لتسع أو عشر مليون سنة . وثمة طرق مشابهة أجريت مع دراسة لرواسب عينات لبية من المحيط الهادى نقلتها الجبال الجليدية ، تشير إلى أن الأنهار الجليدية انتادكتيكا الشرقية قد وصلت الى هيئة متكاملة قبل خمس مليون سنة مضت. وفي دراسة لعينة لبية أخرى من نفس المنطقة أدت إلى نتيجة ملفتة للنظر وهي احتمال أن الايوسين قد شهد ظروفا جليدية (Geitzenauer, 1968) حيث تعاصرت حفريات ايوسينية دقيقة ورواسب جليدية . وفي شرق انتركتيكا ترجع بداية الحقول الجليدية إلى الميوسين الأسفل (Drewey,1975) .

وثمة دليل مؤكد على الجليد الايوسيني في انتادكتيكا ، مع الأدلة الأخرى الخاصة بمستوى سطح البحر في العالم والمناخ العالمي ، ويأتى هذا الدليل من طبيعة مواد بركانية تم تأريخها على هذه القارة . والبراكين التي انفجرت أسفل الغطاء الجليدي لها نسيجها وتركيبها الذي يتضح بشكل خاص في البراكين المكونة من لافا بازلتية ، ومثل هذه المواد في انتادكتيكا وجد انها ترجع الى الايوسين . ودليل آخر مشابه أن الجليد قد لايكون قد تأثر حتى الوقت الحالي في هذا القطب الجنوبي (Le Masurier,1972)

وكل هذه التواريخ لبداية الغطاءات الجليدية وتكون الجليد تعتبر سابقة إلى حد كبير عن التواريخ الكلاسيكية التي تترواح ما بين مليون سنة ،مليون ونصف مليون سنة والتي سبق وحددت كبداية للبليستوسين المناخي . والآن قد يكون واضحا أن طول البليستوسين يبلغ حوالي ٢ ١/٢ إلى ٣ مليون سنة . وان كانت مناقشة هذا الأمر ستكون في الفصل التالي .

ومع أن هذا الدليل الجديد قد غير آرأنا كثيرا عن الزمن الثالث فلعل هناك بعض الصدق في الفكرة السائدة أن درجات الحرارة العامة مالت إلى الانخفاض في كثير من اجزاء العالم خلال الزمن الثالث . وعلى اساس دراسة عينات أعماق قيعان البحار اقترح Emiliani عام ١٩٦١ – وهو رائد في هذا المجال – أن العروض الوسطى ابان الزمن الثالث قد شهدت انخفاضا عاما في درجة الحرارة يبلغ حوالي ٨°م وثمة انخفاض مماثل حدث في المناطق المدارية من المحيط الهادي . وعلى اساس دراسة النباتات الارضية ، اقترحت تغيرات اكبر من السابقة في غرب الولايات المتحدة بين دائرتي عرض ٤٠ و٥٠ شمالا وتبدو الصورة مشابهة في المناطق الأخرى (جدول ١–٥) ويتضح من شكل ١–٥ نمط تدهور درجات الحرارة في مياه المحيط الهادي حيث تتزحزح خطوط الحرارة المتساوية بشكل تدريجي نحو الجنوب كلما اصبح المناخ اكثر برودة

جدول رقم ١-٦

الاختلافات في درجات الحرارة والتساقط السنوى بين نهاية البليستوسين والوقت الحالي ، مقدرة من القيم المناخية المبينة على اساس التوزيع الحالي لنباتات معينة .

الاقليم والفصيلة	١	٢	٣	٤
شمال غرب المانيا وهولنده				
Liquidambar	+٣إلى٤	–	=أو+١إلى	–
Nyssa ear coastline				
Edge of Mittlegebirge	+٣			
Tsuga (canodednsis)	+٢			+٢٠٠
Carya and liriodendrom near coastline				
Mittlegebirge	+٣			
وسط وشرق بولندا ولتوانيا وروسيا البيضاء				
Liquidambar	+٥	+٥	+٣إلى٤	+٣٥٠
Nyssa	+٤إلى ٥	+١	+٣إلى٤	+٢٥٠
Tsuga (canadensis)	+٢إلى٣	+٣	+١	+٤٠٠
Carya	+٣			
Ilex		+٥إلى٦		+١٥٠
Fagus		+٤	+٣	
الاجزاء الوسطى من الفولجا				
Tsuga(canadensis)	+٢إلى٣	+٣	+١	٤٠٠
carya(and Liriodendron)	+٣	+٦	+٥	٣٥٠
Ilex		+١٥		٢٥٠
Fagus		+١٢	+٥إلى٦	٢٠٠
الاجزاء الدنيا من الدن				
Tsuga	–			+٣٥٠
Fagus	–	+٧	+٣	+٢٠٠
بلغاريا والاراضي المنخفضه الوسطى				
Liquidambar	+٣	+١	+١إلى٢	+٣٠٠
Tsuga				+١٥٠
شرق سيبريا				
Tsuga heterophylla and mertensiana	-	+١٠إلى١٥	+١٠	+٢٠٠

ملاحظات

١=متوسط درجة حرارة شهر يوليو درجة مئوية   ٣=المتوسط السنوي لدرجات الحرارة درجة مئوية

٢= متوسط درجة حرارة شهر يناير درجة مئوية   ٤= كمية التساقط السنوى ملليمتر

(عن Frenzel B. 1973,P.89)

في بداية الزمن الثالث تميز شمال المحيط الاطلنطي بغابات استوائية عظيمة الانتشار(Pennington,1969) وفي حوض لندن –هامبشير في جنوب انجلترا . وجدت أشجار نخيل ماليزية Nypa كما وجدت مستنقعات المانجروف ، بينما في السهل الالماني الشمالي وجدت بين رواسب الفحم البني أوراق Pandanus وهي نباتات استوائية ذات جذور طويلة . كما أن رواسب حوض Bovey Tracey fault في شرق انجلترا والتي قد ترجع إلى ماقبل الميوسين ، احتوت كثير من نباتات الغابات المدارية ومنها Symplocas ,Ficus , Calamus, Osmunde, Laures, وبالمثل ، ففي بداية الزمن الثالث كانت الجزر القطبية الشمالية مثل جرينلاند، ستزبرجن، وحتى جرينلند (٤٥' ٨١ ^{0} ش) مكسوة بالغابات ومع ذلك بحلول البليوسين حلت الغابات النفضية محل الغابات المدارية في شمال المحيط الاطلنطي . وظهرت نباتات المناطق المعتدلة الدافئة و منها Sciadopitys ,Tasuga ,Sequoia, Carya ،Taxodium وهي نباتات قضي عليها برد البليستوسين العنيف (Mantford,1970) وكان آخر ظهور لأشجار النخيل شمال الالب في اوروبا في أواخر الميوسين عند بحيرة كونستانس .

وقبل العصر الجليدى مباشرة في الفترة التي يطلق عليها الألمان Reuverian B يبدو أن مناخ العروض المعتدلة الحالية في نصف الكرة الشمالي ساعد على نمو الغابات ، وفي هذا الوقت امتدت غابات مختلفة من ساحل الأطلنطي إلى بحر اليابان . ولم تتكرر هذه الصورة منذ ذلك الحين (Frenzel, 1973) . وفي مناطق واسعة من المناطق الدافئة والباردة حاليا ، كانت درجات الحرارة والأمطار مناسبة الى حد كبير وكانت تشبه الوضع المناخي في المنطقة شبه المدارية . ويوضح الجدول ١-٦ بعض التقديرات التجريبية لدرجة الحرارة التي وضعت على اساس تحليل التوزيع الحالي والسابق لبعض الفصائل والمجموعات النباتية . وفي وسط أوروبا وشرقها كان متوسط درجة الحرارة أعلى منه حاليا بما يتراوح بين ٣ ، ٥ درجات مئوية بينما زادت كمية التساقط عدة مئات من المليمترات .

وفي استراليا كان هناك تتابع مماثل ، حيث مالت درجات الحرارة في الزمن الثالث نحو الانخفاض ، وقد استنتج خلال الامتداد السابق لكل من أشجار Araucaria و Agathis فى تسمانيا ، ويقتصر وجود هذه الانواع حاليا في كوينز لاند وفي المناطق الاكثر دفئا في استراليا . على ان تناقص التساقط كانت له الاهمية المماثلة لدرجات الحرارة في مثل هذه التغيرات في توزيع النباتات. ويرى Gentilli عام ١٩٦١ " أن المناطق التي يسقط عليها حاليا ١٢,٥سم من

المطر سنويا لابد أنها كانت تستقبل ١٢٥سم سنويا علي الاقل مع عدم وجود فصل مطير . واذا حدث وكان هناك فصل جاف قصير فلابد ان كمية المطر قد وصلت الي ٢٠٠ أو ٢٥٠سم حتى تنمو أشجار Laurisilvate . وقد تواجدت الاشجار الكبيرة بعد ذلك في حوض بحيرة آير وفي المناطق الأخرى من القلب الميت في استراليا (Gentilli,1961.Gill,1961).

ولعل الانتشار الواسع للظروف الدافئة المطيرة في بعض أجزاء العالم إبان الزمن الثالث كان لها تأثيرها البيئي العكسى . فقد تعمقت عمليات التجوية في كثير من مناطق العروض الوسطى ، حيث وجد اللاتريت وطبقات متحجرة من السلكريت . أما مناطق الحجر الجيري فقد تعرضت لعمليات اذابة شديدة ، وتحللت الصخور ولذا كانت سريعة التأثر بالنحت الجليدي البليستوسيني .

قراءات مختارة :

ما كتب عن التغير البيئي كثير للغاية ، والمجموعة المختارة هنا هي المقالات أو الكتب التي قد تكون متاحة أو وثيقة الصلة بالموضوع ومنها :

1-Flint , R.F., (1971) Glacial and Quaternary Geology

يحوي ببلو جرافيا مطولة متعددة اللغات

2-Butzer. K.W (1972) Environment and Archaeology : an ecological approach to prechistory

كتاب يحوي معلومات قيمة عن مناطق العروض الدنيا

3-Turekian , K.K (1971) The late cenozoic glacial ages (ed)

كتاب يحوي مجموعة من المقالات عن التطورات الحديثة

4- Chaline ,J(1972) Le Quaternair — مسح فرنسي قيم عن الجليد

5- Davies , G.L(1967) The earth in decay (Macdonald)

6-Tolmin , Goodfield , (1965) The discovery of time (Pelican)

والكتابان يحويان مناقشات مثيرة عن كيفية تطور مفهوم الانسان للوقت .

7-Bishop W.W & J.A. Miller (eds) , (1972) The calibration of huminoid evolution . (Chatto and Windus)

8-Olsson ,I.U (ed) (1970) Radiocarbon variations and absolute cloronology (Wiley).

طرق التأريخ الحديثة خاصة الطرق الاشعاعية

9- West, R.G(1972)Pleistocene geology and biology

بعض طرق التأريخ بما فيها تحليل حبوب اللقاح

10- C.Vita - Finzi (1973) Recent earth history

تحليل التأريخ كأساس للتتابع

مناقشة للظروف المناخية في الزمن الثالث وعلاقتها بالاستراتجرافية.

11-Berggren .WA(1969)Cainozoic stratigraphic planktonic forminiferal zonation and the radiometric time scale Nature , 224, 1072-5

12- Montford ,H.M(1970) The terrestrial environment during upper Cretaceous and Tertiary times. proceedings Geologists Association of Lon- don 81,181-204.

ثم هناك عملين حديثين عن تطور الطرق التقنية وتغير الأفكار وهي

13-World Meteorological Organization's (1975) Proceedings of the WMO/IAMAP .

14-Global Atmosphoric Research Program's (1975).

الفصل الثانى

طبيعة البليستوسين

"مما يثير الدهشة هذا العدد الكبير من الفترات الجليدية التي تم التعرف عليها . ولكن ربما يكون عددها أقل من ذلك اذا وضعنا في الإعتبار أن حساب عدد الفترات الجليدية بناء علي أدلة قارية يتناقص مع حساب عدد الفترات الجليديه بناء علي أدلة مأخوذة من رواسب أعماق البحار . وتماثل الأولي من حيث تعقيدها تقديرعدد مرات محو سبورة ، أما الثانية فهي تشابه حصر عدد مرات طلاء حائط "

M.Ewing(1971,P.572)

مقدمة :

لا يتكون البليستوسين من فترة جليدية واحدة عظمى ، ولكنه يتكون من فترات متتابعة بعضها شديد البرودة نطلق عليها مصطلح الفترات الجليدية stadials , glacials وفترات ترتفع فيها درجات الحرارة ويسود الدفء وتسمي الفترات الدافئة أو ما بين الجليدية intergla cials و interstadials. ونتيجة لأنتشار الغطاءات الجليدية وزيادة سمكها خلال الفترات الجليدية تعرضت الصخور التي تقع أسفلها للتعرية ، ونقلت كميات كبيرة من الفتات لمسافات طويلة . هذه الفتات التي أطلق عليها كثير من المسميات المختلفة ، مثل الطفل الجليدي till والطفل الجلمودي boulder clay لها خصائصها المميزة التي من أهمها ضعف التصنيف حيث يختلط الحصي والرمال والصلصال . وعادة ما تحتوي هذه الفتات الصخرية علي كتل صخرية نقلت لعدة مئات من الكيلو مترات ، بعض هذه الكتل عظيم الحجم كما هو الحال في شرق إنجلترا قرب Ely وعلي شواطيء نورفولك Norfolk حيث يبلغ طول هذه الكتل ما بين ٤٠٠ و ٦٠٠متر وسمكها ٥٠مترا نتجت عن التعرية الجليدية للصخور الطباشيرية . وعندما ارتفعت الحرارة أثناء الفترات

ما بين الجليدية تراجع الجليد تاركاً وراءه ركامات جليدية وأشكال سطح ورواسب جليدية ورواسب جليدية مائية ، تعرضت فيما بعد لعمليات التجوية . وقد تنطمر هذه الرواسب تحت رواسب أحدث تحوي بقايا حيوانية ونباتية مميزة وفي فترة جليدية تالية قد تتعرض هذه الرواسب للتغطية بالطفل الجلمودي boulder clay. والجدير بالذكر أن التحليل الكلاسيكي للعصر الجليدي أو البليستوسين قام علي دراسة انتشار وخصائص هذه التتابعات من الرواسب الجليديه .

و مع أن كل من Ramsay و Geikie قد أوضحا منذ حوالي قرن مضي أن العصر الجليدي البليستوسيني يتكون من مجموعة من الفترات الجليدية ، ورغم هذا العدد الكبير من الأعمال التي خصصت في الوقت الحالي لدراسة أحداث البليستوسين ، فما زال هناك نقاش وجدل حول عدد الفترات الجليدية stadials، glacials ومابين الجليدية (فترات الدفء).interstadials, interglacials وقد يرجع هذا الي حد ما الي مشكلة تعريف هذه الأحداث وهذا ما سنناقشه في جزء لاحق من هذا الكتاب .كما أنه لايزال هناك عدم إتفاق فيما يختص بربط الأحداث في المناطق المختلفة . ولم يتفق عالمياً حتى الآن علي الحد الفاصل بين البليستوسين والبليوسين . ومع ذلك ، فإن استعمال وسائل التأريخ الحديثة ودراسة عينات قاع البحر قد ساعدت على التوصل إلى نتائج كثيرة على درجة كبيرة من الثقة عن ذى قبل .

طول البليستوسين :-

هناك العديد من الآراء التي تناولت طول البليستوسين وتعريفه .وان كان ثمة ميل في السنوات الأخيرة نحو تحديد الحد الفاصل بين البليوسين و البليستوسين على أسس حيوانية (مثل ظهور المنخريات وإنقراض Discoasteridae [١]) منذ حوالي مليوني سنة ، أو تحديده علي أسس مناخية (مثل ظهور العروض الوسطى قبالة الثلاجات القطبية) أي منذ ٢,٥-٢-٣ مليون سنة ، عند نهاية أحداث Mammoth polarity .والجدير بالملاحظة أن هذه التقديرات تزيد بشكل واضح عما سبق كما أن هناك فرق نحو ١/٢مليون سنة بين كل من التقدير المبني علي أسس مناخية . والجدول٢-١ يعرض بعض تقديرات بنيت علي أسس حيوانية ومناخية في مناطق متفرقة من بيئات العالم وفي ضوء الدراسات التي أجريت وتناقض نتائجها ، يمكن القول أن طول البليستوسين يتراوح بين ٢-٣مليون سنة .

١- مجموعة مميزة من البلانكتون نجمية الهيكل

جدول ٢-١

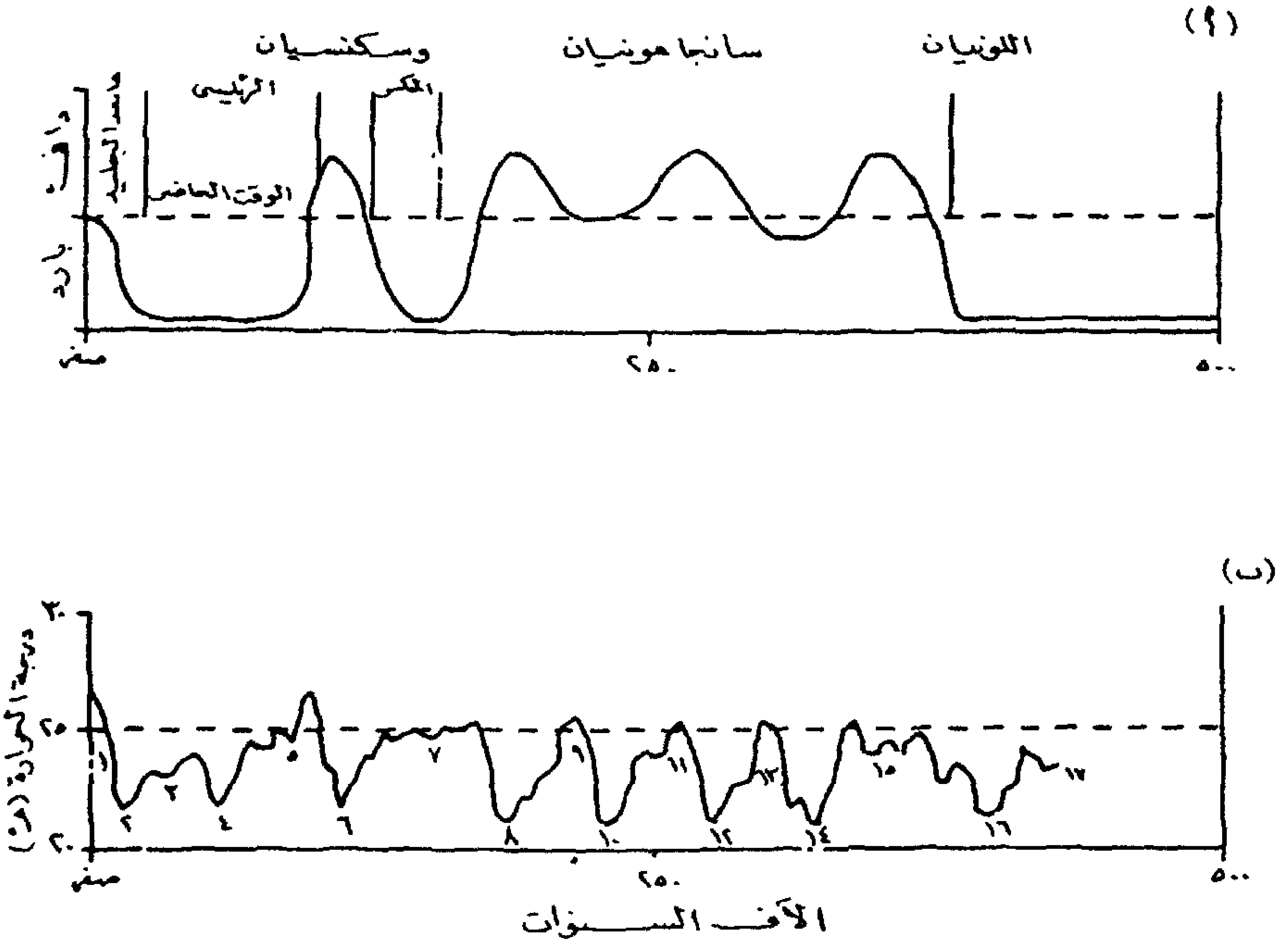
التواريخ الحيوانية والمناخية لبداية البليستوسين

المصدر	الموقع	الدليل	التاريخ من الآن (مليون سنه)
<u>التواريخ الحيوانية</u>			
Leaky (1965)	تنزانيا	تاريخ بواسطة K/A لحيوانات مرحلة فيلافرانشيا العليا	أكثر من ١,٧٥
Glass et al (1967)	بحر عميق	إنعكاس فى الحفريات	٢,١
Glass et al (1967)	بحر عميق	موت البلانكتون	٢ - ١,٨
Zagwijn (1974)	حوض بحر الشمال	تميز حيوانى	٢,٥
<u>التواريخ الحيوانية</u>			
McDougall & Wensink(1966)	أيسلنده	تيليت / بازلت	٣
Mathews & Curtis (1966)	نيوزيلند	تيليت / بازلت	٢,٤٧
McDougall & Stipp (1966)	سيرانيفادا	تيليت / بازلت	٣,١ -٢ ٧
McDougall & Stipp (1968)	وادى تيلور	تيليت / بازلت	٢ ٧
OPdyKe et al (1966)	عينات لبيه بالمحيط الجنوبى	فتات رواسب جليديه	٢,٥
Mercer (1969)	الأرجنتين	تيليت / بازلت	٢

أقسام البليستوسين :

أدى استخدام الطرق الحديثة في دراسة السجل الاستراتجرافي لقيعان البحار ، الى استحداث آراء جديدة عن طول وتكرار الفترات الجليدية وما بين الجليدية . وفي الستينات والسبعينات من هذا القرن توصل كل من Emiliani (١٩٦٨) Kennett (١٩٧٠) ، Kent and others (١٩٧١) الى أن هناك دورات أكثر مما كنا نعتقد من قبل . إلا أن هذه الآراء لا تتفق فيما بينها على عدد هذه الدورات ، فمثلاً يرى Emiliani أن هناك ٢٠ دورة جليدية في المليون سنة الأخيرة . ويرى Kennett وزملاؤه أن هناك ١٦(ستة عشر) مدورة جليدية في المليوني ونصف مليون سنة الأخيرة ، ولا شك أن المعلومات الحديثة ومايترتب عليها من آراء تتضمن عددا أكبر من الفترات الجليدية ومابين الجليدية ، تعطي صورة مختلفة تماماً عما تضمنه التتابع الكلاسيكي الذي يتضمن أربع فترات جليدية والذي اقترحه A.Penck و E.Bruckner فيما بين عامي ١٩٠١ و ١٩٠٩ في مجلداتهم الثلاثة بعنوان Die Allpen im Eiszeitater . وقد توصلا إلى أن هناك أربع فترات جليدية عظمى بالمناطق الألبية تختلف في شدتها وذلك من خلال دراستهم لبقايا النباتات في Hotting ومواقع أخرى أثبتوا أن الفترات ما بين الجليدية كانت معتدلة مناخياً إلى حد ما . وقد وجدا أن هناك ارتباطا بين الفترات الجليدية الأربع والمصا طب الحصوية في حوض نهر الراين وأنهار أخرى . وعلى هذه الفترات الجليدية أطلقوا أسماء جنز Gunz و رس Riss و مندل mindle وفيرم Wurm تبعا لأسماء الأودية التي وجدت فيها الأدلة علي هذه الفترات .

وقد لا قى هذا النموذج قبولاً واسعاً حتى اعتبر مثل القانون تقريباً ، وكانت الأدلة التي توصل اليها باحثون آخرون على العديد من الفترات الجليدية ، كانت هذه الأدلة يتم تكييفها بشكل تعسفي لتساير نموذج بنك وبروكنر ، وكانت هذه الفترات توضع على أنها مراحل ثانوية داخل الفترات الجليدية الأربع . ولسوء الحظ لم يكن التتابع الألبي صالحا للمضاهاة بين مواقع متباعدة حيث أن المنطقة الألبية لا تعتبر نموذجية لدراسة استراتجرافية الزمن الرابع . فهناك نقص نسبي في الرواسب العضوية ، كما أن هناك بعض الصعوبة في مضاهات هذه الرواسب بالرواسب الجليدية . كذلك هناك إحتمال الخلط الناتج عن الحركات الأرضية والتعقيدات التي تظهر نتيجة فصل المناطق النموذجية بالسلاسل الجبلية . وقد نادى كل من Sparks & West (١٩٧٢)



شكل (٢ - ١) منحنيان مختلفان لل ٥٠٠,٠٠٠ سنة الماضية

أ - المنحنى المناخى المعمم على أساس بيانات عن المخريات

فى عينات أعماق قاع البحر كما حددها Ericsan & Wollin 1968

ب - منحنى درجات الحرارة القديمة على أساس معدلات النظائر - الاكسجين

كما حددها Emiliani 1966

الأرقام الزوجية تشير الى فترات باردة .

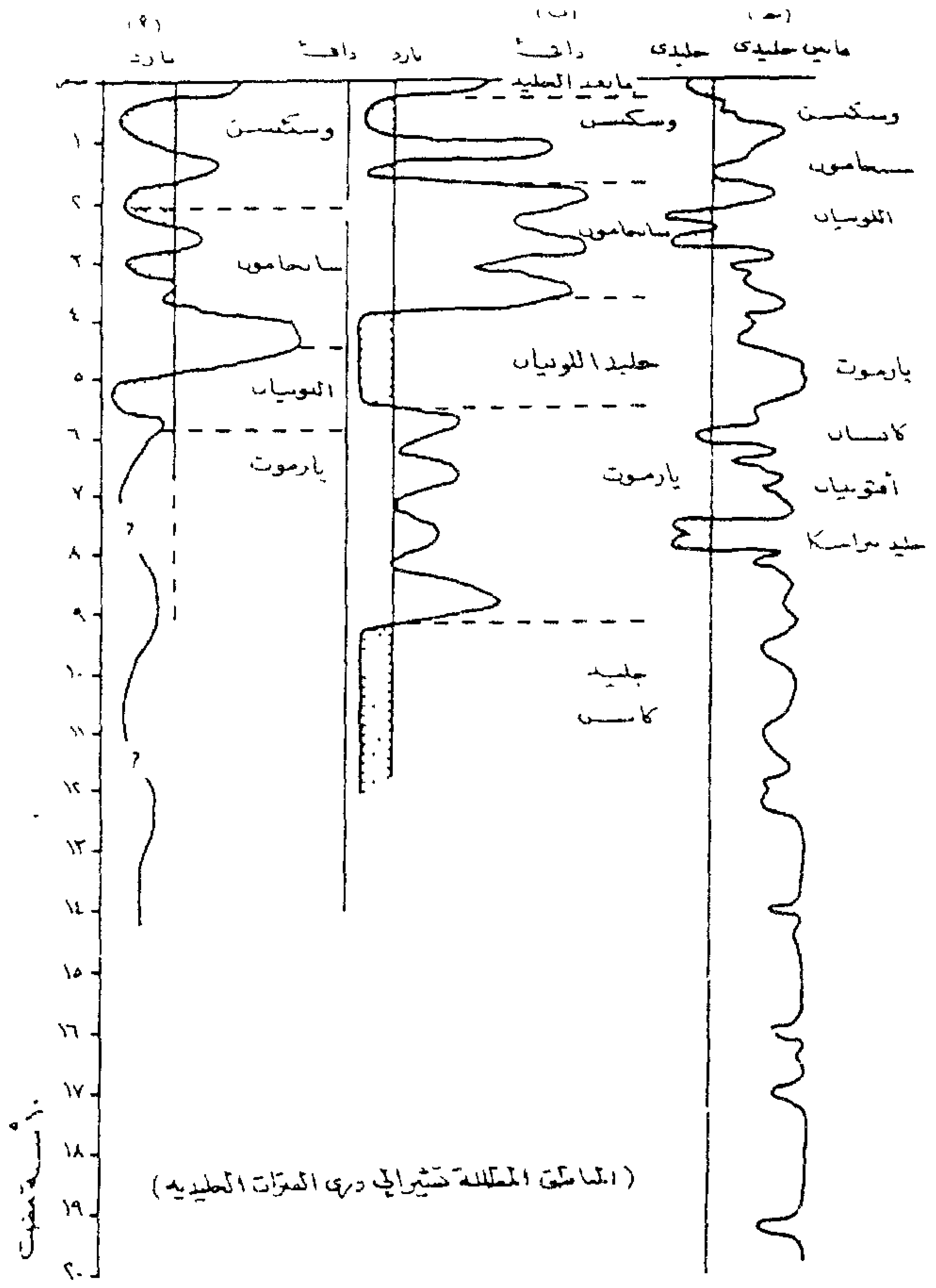
الأرقام الأحادية تشير الى فترات أدفأ .

بالتخلص من المسميات الألبية والتي كان من المفروض عدم تطبيقها على نطاق واسع في المقام الأول حيث ثبت أنها كانت وما زالت تمثل عبئاً ثقيلاً . وعلى الجانب الآخر يرى سباركس ووست أن وضع نظام استراتجرافي مقبول ليحل محل نموذج Penck &Bruckner ليس بالأمر الهين.

وفي هذا الخصوص يقول Pilbeam (١٩٧٥ ، ص ٨١٩) أن هناك العديد من النظم الاستراجرافية التي أقترحت لفترة ٢ – ٣ مليون سنة الأخيرة والتي لا تتفق مع بعضها البعض وأن كان معظمهم مقبولا ، إلا أن آياً منهم لا يمكن اعتباره صحيحاً تماماً . ورغم هذا فكل هذه النظم تعتبر خطوات مفيدة أكثر تقدماً عن نظام الأربع دورات الجليدية المطيرة الذي مازال يستخدم على نطاق واسع في كثير من كتب الأنثروبولوجي .

ومازال هناك بعض التعارض في الأفكار العامة حول أوقات حدوث وأطوال الأحداث الرئيسية في البليستوسين . فعلى سبيل المثال نجد أن الآراء إختلفت حول طول فترة مندل الجليدية بمعدل ١ :٢٠ كما إختلفت حول بدايتها بمعدل ١ :٧ فقد وضع Ericson & Wollin (١٩٦١) أنها بدأت منذ ٢٠٠٠٠٠ – ١٧٥٠٠٠ سنة (أنظر شكل ٢-١ لمزيد من التفاصيل). كما يتضح هذا الإختلاف بمقارنة شكلي ٢-١ أ و ٢-١ ب حيث يظهر في الشكل الأول منحنى حراري طويل Long temperature curve للباحثان Ericson &Wollin بني علي أساس دراستيهما لتوزيع المنخريات في العينات اللبية المحيطية . وفي الشكل الثاني منحنى حراري قصير للباحث Emiliani مبني على أساس معدلات نظائر الأوكسجين للمنخريات في العينات اللبية والتي يظهر عليه تسع فترات دافئة في ٤٥٠٠٠٠ سنة الأخيرة إلى جانب عدد كبير من التذبذبات القصيرة المدى والتي لا تظهر على المنحنى الأول .

كما يوضح شكل ٢-٢ هذا التضارب في تفسير الثلاث عينات لبية لقاع المحيط والمشاكل التي تترتب على محاولة المضاهات بين تتابعات أرضية غير كاملة . فكما نلاحظ أنه بينما يضغط التفسير ج طول الفترات الجليدية الأمريكية الكلاسيكية والفترات غير الجليدية في حوالي ٨٠٠٠٠٠ سنة نجد أنه في كل من أ ،ب تزداد الفترة الزمنية . ويرجع هذا التناقض إلى عدم توازي المنحنيات و إلى الفارق في التفسير الذي قد يعتمد على القمم Peaks البيانية ذات الأطوال و الأحجام المختلفة .



شكل (٢- ٢) ثلاثة منحنيات مناخية قديمة على أساس ثلاث عينات من أعماق قيعان البحار مع محاولة المضاهاة مع التتابع الأرضى الأمريكى للفترات الجليدية وما بين الجليدية .

أ) منحنى من ١٢ قطاع من المحيط الهادى على أساس التغيرات فى حفريات المنخريات .
(after Kennett , 1970)

ب) منحنى مناخى على أساس التغيرات فى تكرار Globorotalia menadil المنخرية فى عينات من المحيط الأطلنطى (after wollin et al 1971 .)

ج) منحنى مناخى على أساس تكرار الفتات الجليدى فى عينات من شمال المحيط الهادى .
(after Kent et al 1971.)

جدول ٢-٢

التواريخ المقترحة للأحداث البليوستوسينية الرئيسية

الحدث	العمر (الف سنة مضت)
نهاية أخر جليد (وشيسليان ، ڤيرم)	١٠ - ١١
بداية أخر جليد	٦٠ - ٨٠
أوج الدفء (Eemian) (ما بين الجليديه)	٩٠ - ٨٠
الجليد قبل الأخير (Saale II, Warthe, Riss II)	١٢٠ - ١٠٠
تذبذب مناخي مع دفء	حوالى ١٧٠ - ١٣٠
تذبذب مناخي مع برودة	حوالى ١٦٠ - ١٤٠
جليد [سالي ١ ، درينث ، رس ١]	٢٠٠ (أو أقل بقليل) إلى ١٨٠
فترة هولستين / هوكسين ما بين الجليدية	٢٢٠ - ٢٠٠ (أو أقل بقليل)
فترة جليد مندل / اليستر	٣٢٠ - ٢٢٠
فترة ما بين جليدية	٣٨٠ - ٣٢٠

After Evans, 1971

وقد ثار جدل حول ما اذا كانت الفترات الجليدية الكلاسيكية قد حدثت خلال فترة زمنية قصير ة نسبياً أم أنها كانت اكثر انتشاراً . ومن مؤيدي الفكرة الأولى ، Evans (١٩٧١) وبعد دراسته لمنحنيات الاشعاع الشمسي وعينات لبية وتواريخ dates اشعاعية في مصاطب نهر الراين ومواد بركانية بها توصل إلى أن عمر فترة مندل يتراوح بين ٣٢٠٠٠٠-٢٢٠٠٠٠سنة من الآن وهذا تاريخ حديث نسبياً ، كما اقترح Evans تتابعا للفترات البليستوسينية الرئيسية يوضحه جدول ٢-٢ كما أن الجيولوجيين الأوربيين والبريطانيين ومنهم على سبيل المثال Cooke (١٩٧٣) ، Shotton (١٩٦٦) ، مالوا إلى تأييد المقياس الزمني القصير Short time -scale واقترحوا ٢٧٥٠٠٠ سنة لوسط مرحلة مندل الجليدية ، وقد أيد Kukla (١٩٧٥) النموذج القصير كذلك بعد دراسته لتربات قديمة ورواسب لوس Loess في كل من تشيكو سلوفكيا والنمسا . وقد تمكن من التعرف على ثمان دورات جليدية وبين جليدية على مدى فترة ٧٠٠٠٠٠ سنة في فترة Brunches و١٧ فترة على مدى ١٦٠٠٠٠٠ السنة الأخيرة . ورغم هذا فقد توصل Richmond (١٩٧٥) خلال دراسته في جبال روكي باستخدام البوتاسيوم - أرجون

شكل (٢ - ٣) تتابع المراحل فى الجزر البريطانية وعلاقتها بالتغير المناخى

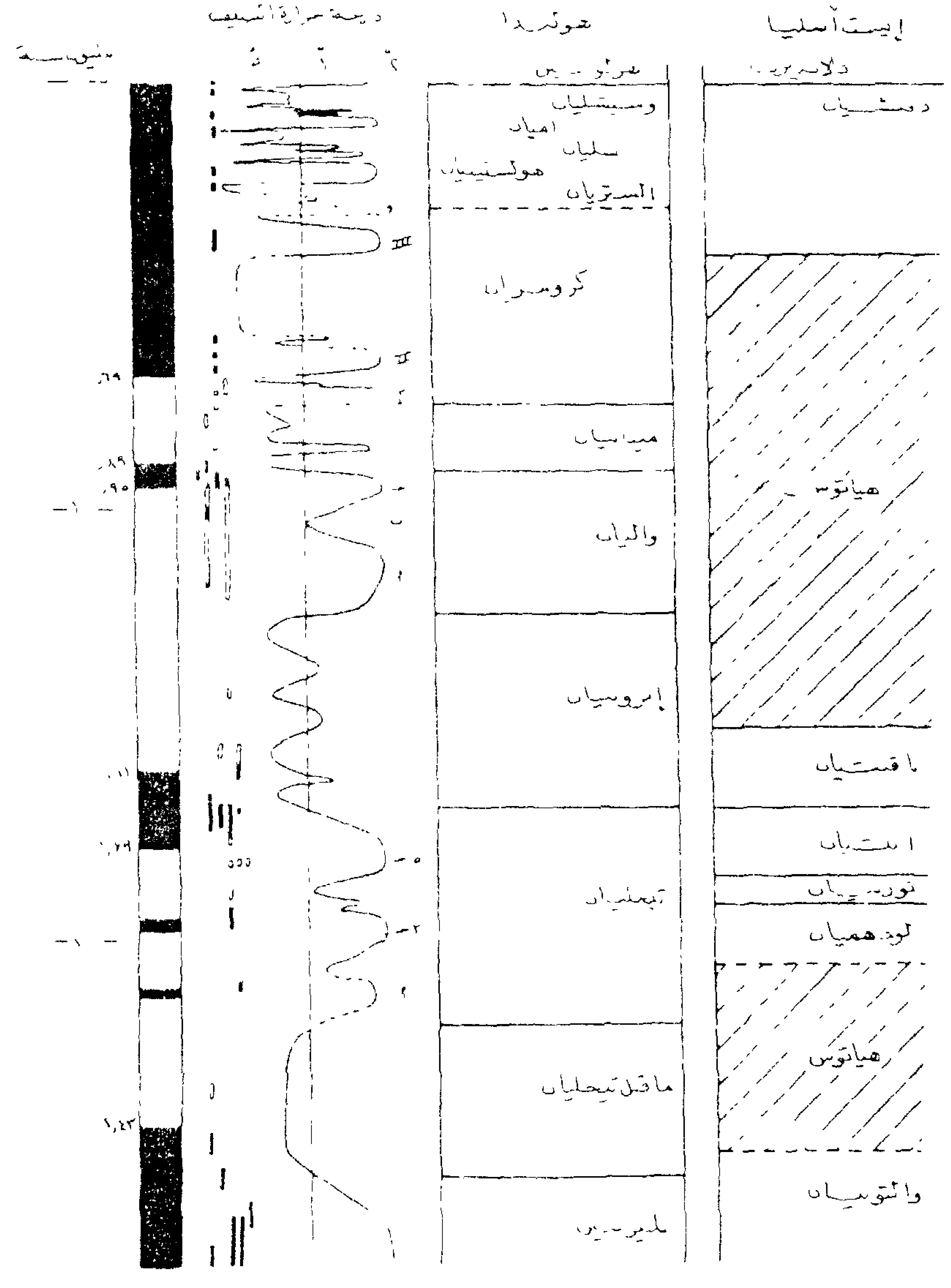
ح = درجة الحرارة   ج = جليد

ص = صقيع دائم   ب = أدلة أخرى على ظروف باردة

tecphrochronology إلي نتائج مختلفة ، كما اقترح أن فترة نبراسكا الجليدية Nebras-kan Glaciation قد انتهت منذ حوالي ١,٢ مليون سنة ولذا أيد مفهوم التعاقب الطويل .

وفي ضوء المعرفة الحالية نرى أنه من الصعب التوصل إلى نتيجة مقبولة على نطاق واسع حول مدى صحة هذين التفسيرين عن تتابع الفترات الجليدية وما بين الجليدية في البليستوسين ، ويرجع هذا إلى أن طرق تأريخ التتابعات الأرضية مازالت غير كافية ونتائج دراسة العينات اللبية لرواسب أعماق قيعان البحار مشكوك فيها نظراً لاختلاف تفسيرها . كما أن السجل الأرضي غالبا ما يكون غير مكتمل ، ويشير سجل آخر فترة جليدية إلى أنها كانت معقدة ، إلى جانب كل هذا فمن المحتمل أن الفترات الجليدية الكبرى الأحدث تزيل ما خلفته فترات صغرى. ولعل هذا ما سبق وأشرنا إليه في بداية هذا الفصل .

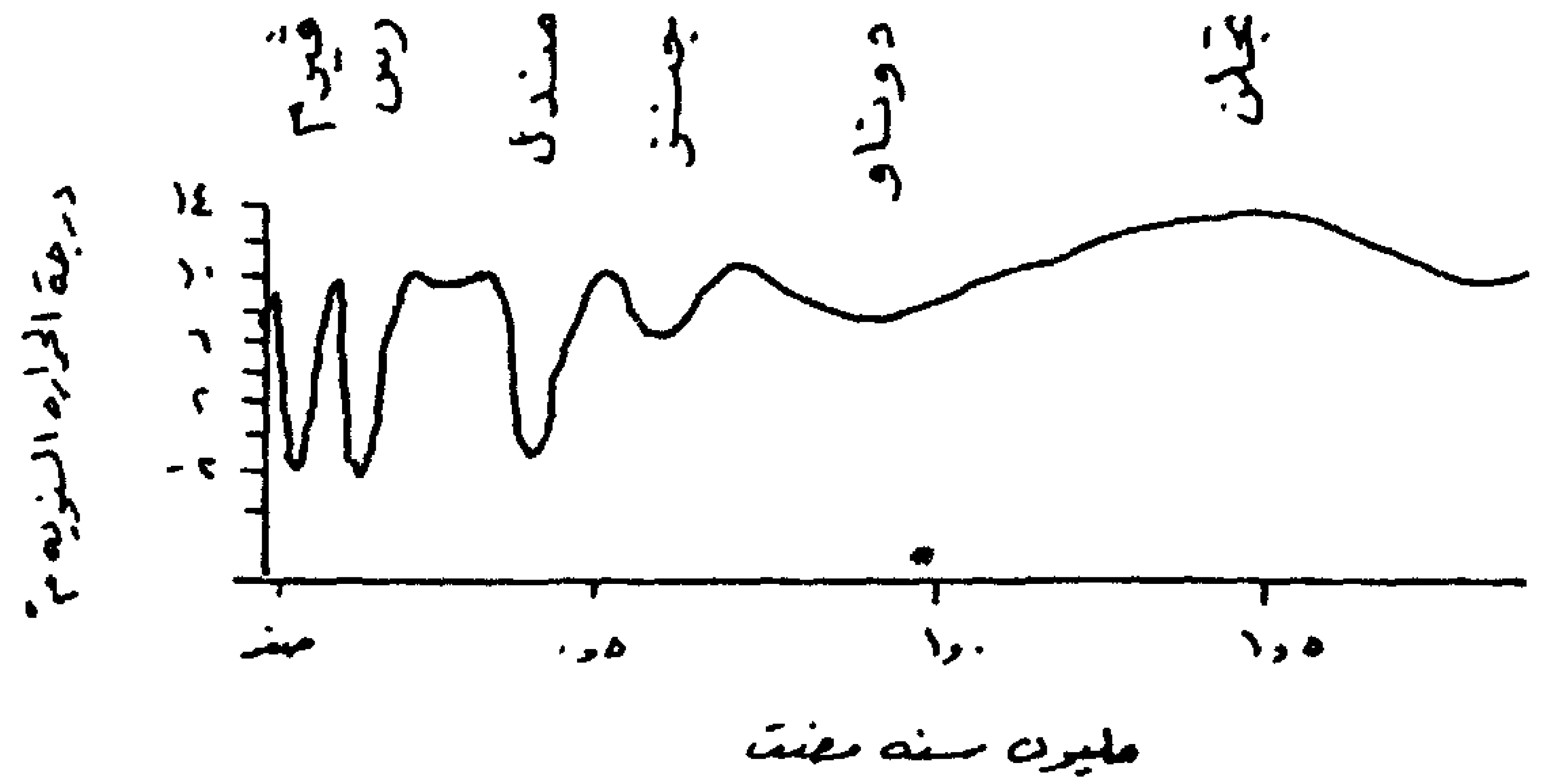
فضلا عن هذا ، فمن المحتمل أنه في بعض المناطق لم تؤد الفترات الباردة إلى تجلد حقيقي actual glaciation .هذا ما حدث في شرق انجلترا ابان البليستوسين المبكر حيث تشير نتائج حفر أحد الآبار في منطقة Ludham إلى تغير الغابات إلى نوع من الهيش»



شكل (٢ - ٤) قياسات للمناخ القديم ومنحنى مناخي ، وتقسيم استراتيجرافي للزمن الرابع في هولندا . (after Zagwljn , 1975)

المحيطي Heath الذي تحول الى غابات مرة أخرى . ويفسر تغير الغابات إلى الهيش على أنه نتيجة تغير مناخي نحو ظروف سيئة قد تكون السبب في خلق ظروف جليدية في العروض العليا . كما عثر بين رواسب آبار في هولندا على أدلة لدورات مناخية مشابهة حدثت خلال البليستوسين الأسفل . ويوضح شكل ٢-٣ تتابع الأحداث في بريطانيا كما يوضح الفترات الباردة التي سبقت الجليد في البليستوسين المبكر وذلك بناء على أبحاث في ايست أنجليا . وقد أمكن التعرف على سبع فترات باردة – على الأقل – في البليستوسين ولكن يبدو أن هذه الفترات لم تكن شديدة البرودة حتى تؤدي إلى ظروف جليدية حتى بداية مرحلة الجليد الانجليانيه Anglian stage عندما غزى جليد بحر الشمال منطقة نورفولك Norfolk ليرسب رواسب كرورمرتيل Cromer Till.

ويوضح شكل رقم ٢-٤ التتابع القاري في هولندا (عن Zagwijn) ورغم أنه لا يمكن مضاهاته مباشرة بتتابع East Anglia لكنه يشير إلى نمط مشابه من التذبذبات مع دورات متنوعة في البليستوسين المبكر تالية لظروف فترة Reuverian البليستوسينية الدافئة . ورغم جودة الأدلة النباتية القديمة الدالة على الفترات الباردة المبكرة والتعرف على تراكيب الصقيع الدائم Permafrost structures . لكن يبدو أن الجليد الحقيقي لم ينتشر على نطاق واسع إلا خلال الفترات الباردة قبل الأخيرة والتي تسمى Saalian . وعلى كل حال فقد تم الكشف عن ست فترات باردة رئيسية وذلك في الرواسب البليستوسينية غير البحرية في هولندا . ويعتقد Zagwijn (١٩٧٥) أن المنحنى المناخي البليستوسيني يوضح اتجاهين هامين ، الاتجاه الأول يشير إلى ازدياد أتساع amplitude الدورات ، وقد نتج هذا بشكل رئيسي عن انخفاض درجات حرارة الفترات الباردة بينما بقيت درجات الحرارة في الفترات الدافئة متشابهة تقريباً خلال البليستوسين . أما الإتجاه الثاني فيشير الى أن تكرار الدورات يظهر زيادة واضحة كلما اتجهنا إلى أعلى خاصة بعد حادثة Jaramillo المغناطيسية والتي وقعت منذ حوالي ٩٠٠٠٠٠ سنة وقد أمكن التعرف على هذا الإتجاه الأخير كذلك من دراسة بعض العينات اللبية المأخوذة من قيعان البحار ، وعلى سبيل المثال يمكن ملاحظة تركز القمم البيانية ما بين ٦٠٠٠٠٠ و ٩٠٠٠٠٠ سنة في منحنيات العينات الثلاث المرسومة في شكل ٢-٢ .



شكل (٢ – ٥) منحنى تغيرات درجة حرارة الزمن الرابع فى وسط أوربا .

وثمة صورة مشابهة قام بتجميعها Segota(١٩٦٦) لوسط أوروبا ، وبعد فحصه الأدلة المجمعة من دراسة النباتات ، اقترح التتابع الذي يوضحه شكل ٢–٥ . ومرة ثانية ، نرى تركز الفترات الجليدية الكلاسيكية في جزء صغير من البليستوسين ، كما أن معدل تكرار الذبذبات في نفس الفترة بات واضحاً . كذلك فإن شدة البرودة خلال الفترات الجليدية تبدو أعظم منها في الفترات الجليدية قبل البليستوسين .

ومحاولة أخرى لربط الفترات الكلاسيكية الباردة او الجليدية البليستوسينية لباقي فترات البليستوسين وذلك من خلال فحص التتابع في روسيا الأوربية (شكل ٢–٦). وكما هو الحال في شرق انجلترا وفي هولندا يبدو أن الأربع فترات الجليدية الرئيسية التي أمكن التعرف عليها تغطي جزءا محددا من البليستو سين ، هذه الفترات تبدأبجليد أوديسا Odessa الذي يقابل جليد جينز Gunz والذي أرخ بحوالي ١.٤ مليون سنة ، وقد سبق هذه الفترة عدد من التذبذبات المناخية .

وعلى غير الفترات الجليدية المعروفة حتى الآن ، نجد أن الفترة الجليدية الأخيرة اكثرها تحديدا حيث اتفق على أن طولها بلغ حوالي ستون ألف سنة . ويبدو أن هذا التحديد ينطبق على عدد كبير من المواقع في العالم سواء كانت هذه المواقع قارية أو بحرية والتي توحي بنوع من التعاصر في الأحداث (جدول٢–٣) .

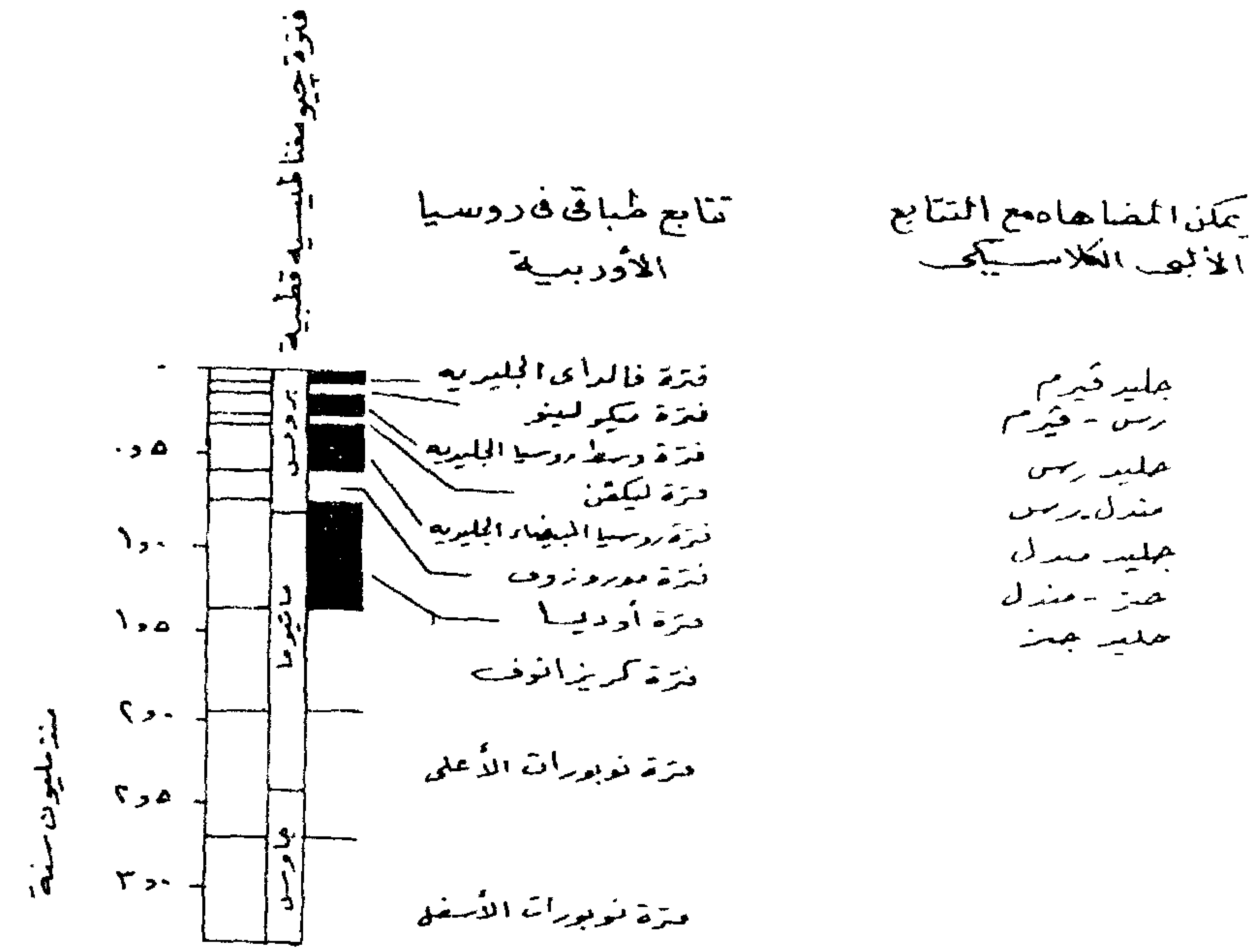
جدول ٢-٣

البداية والذروة والنهاية لآخر فترة جليدية

المصدر	الموقع	البداية	الذروة	النهاية
Flint (1971; Segota (1966)	وسط أوربا والمانيا	٧٠٠٠٠	١٨٠٠٠ - ٢٠٠٠٠	١٠٠٠٠
Heusser (1961), Mercer (1972)	أمريكا الشمالية	-	١٨٠٠٠ - ٢١٥٠٠	٩٠٠٠ - ١٠٠٠٠
Epestien et al. (1970)	أنتركاتيكا	٧٥٠٠٠	١٧٠٠٠	١١٠٠٠
Dansgaard et al (1969)	عينات لبيه (جرينلند)	٧٣٠٠٠	-	١٠٠٠٠
Ericson et al. (1961)	عينات لبية محيطية	٦٠٠٠٠	-	١١٠٠٠
Mercer (1972)	نيوزيلاند	-	١٨٠٠٠	-
Mercer (1972)	شيلي	-	١٩٤٠٠	-
Kind (1972)	الإتحاد السوفيتي	-	-	١٠٤٠٠
Rona & Emiliani (1969)	عينات لبيه من البحر الكاريبي	-	١٧٠٠٠	-

وتحدد نهاية الفترة الجليدية الأخيرة (فيرم Wurm أ و يسيشيليان Weichelien أو وسكنسن Wisconsin). في كثير من بقاع العالم بالوقت الذي وصلت فيه الغطاءات الجليدية إلى أقصى امتداد لها وبلغت الظروف أقصى حالات التجمد . وقد إنتهت آخر فترة Interstdial منذ حوالي ٢٣٠٠٠ سنة ، وبعد هذا يبدو أن الغطاءات الجليدية امتدت بشكل ملحوظ وبلغت أقصى امتداد لها في غضون أربعة أو خمسة آلاف سنة ويعرض جدول ٢-٣ عددا من التواريخ المقترحة لنهاية الفترة الجليدية الأخيرة والتي تحوم حول ١٨٠٠٠ سنة تقريبا .

بعد ذلك ، بدأت ظروف غير جليدية ولم تكن الأحوال غير مستمرة على منوال واحد حيث تميزت هذه الفترة وحتى بداية الهولوسين بفترات توقف Interstades قصيرة وفترات يعود فيها التقدم Stadis ويمكن لنا القول أن الهولوسين أو الحديث بدأ منذ حوالي عشرة آلاف سنة بإتجاه سريع نحو الدفء . ومنذ حوالي تسعة آلاف و٥٠٠ سنة على سبيل المثال كان الغطاء



شكل (٢ - ٦) تتابع طباقي في روسيا الأوربية وعلاقته بالوحدات الجيوقطبية المؤرخة بالطرق الاشعاعية كما حددها جروموف Gromov (after : Fint , 1971)

(الفترات الكلاسيكيه مظلله)

الجليدي في شرق جرينلند يتراجع سريعا بمعدل ٢كم كل مائة عام تقريباً ، ومن ناحية آخرى بدأ الدفء ينتشر بعد فترة باردة على مستوى العالم والتي بلغت ذروتها منذ حوالي ١٤٥٠٠ – ١٤٠٠٠ سنة ، ويعتقد بعض الباحثين (منهم علي سبيل المثال Mercer، ١٩٧٢) أن نضع الحد الفاصل بين البليستوسين والهولوسين عند هذه النقطة . ويمكن التعرف على هذه الفترة التي تميزت بسرعة تقدم الدفء وتقهقر الجليد من خلال فحص السجل المحيطي oceanographic record (Shackelton & Kennet , 1975) ، حيث تمتاز المياه العذبة الناتجة عن ذوبان الجليد بفقرها في أ [١٨] وعندما تختلط بمياه البحر تكون أقل اشعاعا من مياه البحر الغير مختلطة بمياه الجليد . والجدير بالذكر أن العينات اللبية لقاع خليج المكسيك قد أظهرت شذوذا اشعاعيا كبيرا في الفترة ما بين ١٥٠٠٠ و ١٢٠٠٠ سنة مضت ، ويرجع هذا إلي كميات المياه الهائلة التي حملها نهر المسيسيبي إلى الخليج خلال هذه الفترة . كذلك هناك ما يدل على أن ملوحة المياه السطحية في الخليج العربي قد قلت بنسبة ١٠٪ تقريبا .

المصطلحات المستخدمة في مختلف الأقاليم :

في ضوء ما قد سلف من عدم التأكد من البيانات الخاصة بالفترات الجليدية الرئيسية مثل فترة مندل الألبية ، فإن المضاهاة بين الفترات الجليدية وغير الجليدية في أقاليم متباينة يعتبر عملا ينطوى على المخاطرة خاصة مع عدم كفاية أساليب التأريخ الحديثة وعدم انتظام واستمرارية الأدلة الاستراتجرافية . ويعرض جدول٢–٤ قائمة الأحداث الكبرى في أقاليم مختلفة في نصف الكرة الشمالي مع تجنب محاولة الربط بينها مباشرة . ويهدف هذا الجدول مساعدة القارىء في التعرف على المصطلحات المحلية المختلفة المستخدمة في هذا الكتاب . ورغم توافر وسائل التأريخ الاشعاعية والتي تساعد في مضاهاة الفترات الجليدية الأخيرة (وسيشليان Weichselian ، د فنسيان Devensian ، فيرم Wurm ، فالدى Valdai، وسكنسن Wisconsin) ، ورغم اقتراح الكثير من الباحثين أن الأربع فترات الباردة الأخيرة (المقابلة للفترات الكلاسيكية الأربع في التتابع الألبي) يمكن مضاهاتها ، إلا أن هذه الوسائل التي تساعد على هذه المضاهاة بدرجة عالية من الثقة متفرقة . ومن المؤكد أن عملية المضاهاة تصبح مخاطرة كلما رجعنا إلي

جدول ٢-٤

تتابعات مراحل البليوستوسين في نصف الكرة الشمالي

	خليج الراين ١	بريطانيا ٢	Alpine fore land ٣	روسيا الأوربية ٤	أمريكا الشمالية ٥
	الهولوسين ٦				
الجليد البليوستوسنى	وشيسيليان	دفنسيان	فيرم	فالديا	وسكنسن
	اميان	ابسوشيان	رس - فيرم	مكيلنو	سانجامون
	ساليان	ولستنينان	رس	الروسى الأوسط	اللونيان
	هولستينيان	هوكستنيان	فترة مابين جليدية	لكهفن	يارموث
	إلستريان	انجليان	مندل	الروس الأبيض	كانسان
	كرومريان	كرومريان	جنز - مندل	موروزوف	أفتونيان
	منابيان	بستونيان	جنز	أوديسا	نبراسكا
ما قبل الجليد البليوستوسنى	واليان	باستونيان	دوناو - جنز	كريزانوف	
	إبرونيان	باقنتيان	دوناو		
	تجليان	أنتيان			
	برتجليان	ثورنيان			
		لوردهاميان			
		والتونيان			
البليوسين					

الوراء خلال الفترات الكلاسيكية الجليدية البليستو سينية إلى ما قبل الجليد البليستوسيني . ولعل المشكلة الرئيسية هنا هي التأريخ . وقد نوه Vita- Finzi (١٩٧٣) إلى أنه " اذا سبقت المضاهاة التأريخ فإنه يكون من الصعب مناقشة المعاصرة ، ولننسى الفوارق الزمنية ".

تغير انتشار الثلاجات والغطاءات الجليدية :

لا يتطابق انتشار الجليد تماما في الفترات الجليدية المختلفة . ففي أوربا تعتبر فترة رس / Saale / Riss أقصى انتشارا جليديا ، وعلى الجانب الآخر في امريكا الشمالية من المحتمل أن فترة اللونيان Illinoian (جدول ٢-٤) تمثل هي الأخرى أقصى انتشارا جليديا وان كان قد سبقها فترة كانسان Kansan التي كانت اكثر انتشارا في الجزء الغربي من وسط

جدول ٢-٥

الإمتداد السابق والحالي للمناطق الجليدية

الموقع	أقصى امتداد مليون	أخر تجلد كم	الوقت الحالي كم٢ مربع
أنتركاتيكا	١٣ ٢.	١٣ ٢.	١٢ ٦٥. . . . .
لوارنتدايد Laurentide (أمريكا الشمالية)	١٣.٧٩	١٢.٧٤	٢٣.٢٥. {
الكوردليرا (أمريكا الشمالية)	٢ ٥.	٢.٢.	
سيبريا	٣.٧٣	١.٥٦	–
سكندنافيا	٦.٦٧	٤. .٩	٥. . .
جرينلند	٢.١٦	٢.١٦	١ ٨. . . . .
مواقع أخرى في نصف الكرة الشمالي	٤ .٧	٣ ٤٥	–
نصف الكرة الجنوبي ماعدا أنتركاتيكا	١. .٢	. ٩.	٢٦. . .
المجموع الكلي مليون كم٢	٤٧,١٤	٤. .٣.	١٤,٩٧

Taken from Embleton and King, 1967.

أمريكا ، وتقدر المساحة التي غطاها الجليد إبان هذه الفترة بحوالي ٤٧.١٤ مليون كم مربع . وهذا يفوق الامتداد إبان الفترة الجليدية الأخيرة والذي بلغ ٤٠.٣ مليون كم مربع ، ويفوق إلى حد كبير الإمتداد الحالي الذي لا يزيد عن ١٥ مليون كم مربع . وبعبارة أخرى فإن جليد اليوم لا يغطي سوى ما يقدر بثلث المساحة التي غطاها الجليد في أوج أمتداده (Embleton and ١٩٦٧ King). ورغم أن كلا من الغطائين الجليديين في انتركاتيكا و جرينلند لم يختلفا كثيرا في مساحتيهما في الوقت الحالي ألا أنهما كانا اكثر سمكا . كما حدث أقصى انكماش للمساحات الجليدية أثناء ذوبان الغطاءات الجليدية في امريكا الشمالية في لورنتايد Laurentide وفي اسكندنافيا ، التي فقدت حتى الآن ٩٩٪ من امتدادها السابق . وان كان من الصعب تقدير الحجم بدقة إلا أنه يمكن القول أن حجم جليد رس Illinoian / saale / Riss قد يتراوح بين ٨٤ و ٩٩ مليون كم٣ مقارنة بما يتراوح بين ٢٨ و ٣٥ مليون كم مكعب في الوقت الحالي (جدول ٢-٥).

انتشار الثلاجات glaciers والغطاءات الجليدية :

أولا : امريكا :-

خلال أقصى فترات جليدية بليستوسينية ، بما في ذلك فترة وسكنسن Wisconsin منذ حوالي ١٨٠٠٠ سنة كان الجليد يغطى نطاقا متصلا - أو أقرب ما يكون إلى ذلك - في امريكا الشمالية من المحيط الأطلسي الى المحيط الهادى . وكان هذا النطاق ينقسم إلى غطائين رئيسيين ، أولهما ثلاجات الكوردليرا Coldilleran الذي ارتبط بالسلاسل الساحلية وجبال الروكي ، والثاني غطاء لوارنتايد Laurentide العظيم (Wright & Frey , 1965) وقد امتد الغطاء الأول لمسافات كبيرة في جبال كولومبيا البريطانية وانكمش في الشمال في آلاسكا ويوكون Yukon وفي اتجاه الجنوب في غرب الولايات المتحدة . وامتد الحد الجنوبي لهذا الغطاء حتى نهر وهضبة كلومبيا ، وإلى الجنوب من هذا الحد انتشرت بعض الغطاءات والثلاجات المحلية خاصة في سيرانيفادا حيث بلغ سمك الجليد خلف السلسلة الجبلية الساحلية حوالي ٢٣٠٠ متر أما غطاء لوارنتايد Laurentide فقد وصل أقصى إمتداد له في حوض اوهايو- المسيسيبي عند دائرة عرض ٣٩ درجة شمالا خلال فترة وسكنسن وحتى دائرة عرض ٤٠ ، ٣٦ درجة شمالا فى فترة اللونيان Illinoian ، وقد أمتد إلى ما يقرب من موضع سانت لويس St.Louis في الميسوري ومدينة كنساس ، وإلى الغرب من هذه المنطقة كان الحد الجنوبي للجليد يتجه نحو الشمال الغربي ، تاركاً غرب نبراسكا وجنوب غرب داكوتا خاليا إلى حد كبير من الجليد . ويبدو أن أكبر سمك للجليد كان فوق خليج هدسن حيث وصل إلى ٣٣٠٠متر وذلك استنتاجا من توازن قشرة الأرض فيما بعد الجليد .

ثانيا : الجزر البريطانية :

خلال الفترة الجليدية الأخيرة اندمجت الغطاءات الجليدية في الجزر البريطانية والتي بلغت مساحتها حوالي ٢٧٠٠٠٠ كم مربع مع الغطاءات الاسكندنافية . ولكنها في نفس الوقت احتفظت بمراكز انتشار جليد ice dispersal محلية كبيرة ومنها مرتفعات اسكتلنده ومنطقة البحيرات Lake district والمرتفعات الجنوبية وجبال بنين وجبال ويلز وعدد من الجبال في

شكل (٢- ٧) حدود الجليد فى انجلترا وويلز

أ - حدود الجليد خلال Devensian والذروة في ويلز مازالت موضوع نقاش .

ب - إمتداد الجليد فى جنوب إنجلترا .

أيرلندة بما في ذلك كونمارا Connemara ودونجال Donegal وجبال كرى Kerry وجبال وويكلو Wicklowفي الجنوب والشرق على التوالي . ومازال امتداد الجليد خلال الفترات الجليدية (شكل ٢-٧) موضوع جدال خاصة في جنوب ويلز (Bowen,1973) وفي Wessex كما تجدد الجدل منذ السبعينات من هذا القرن حول الحدود الجنوبية للجليد .

وقد اتضح من خلال الدراسة التي اجريت شمال ديفون Devon وفي جزرسيسلي Scilly ، أن هناك غطاء جليدي قد بلغ في وقت ما الساحل الشمالي لجنوب غرب شبه الجزيرة . وأمكن التعرف على رواسب جليدية Till في جزيرة لندى Lundy وفي كل من فرمنجتون قرب بارنسيتيبل Barnstable في ديفون وفي جزر سيسلي . ومن المحتمل أن هناك قنوات جليدية قرب لينموث Lynmouth وهارت لاندكوى Hartland Quay. وقد كشفت أعمال السكك الحديدية على طفل جلمودي Boulder clay إلى الجنوب من برستول Bristol مشيرا بذلك إلي أن الجليد المتحرك نحو الغرب ربما عبر خليج سفرن Severn. والجدير بالذكر أن هذه البيانات استخدمت لتحديد الحدود الجنوبية للجليد . (شكل ٢-٧) .

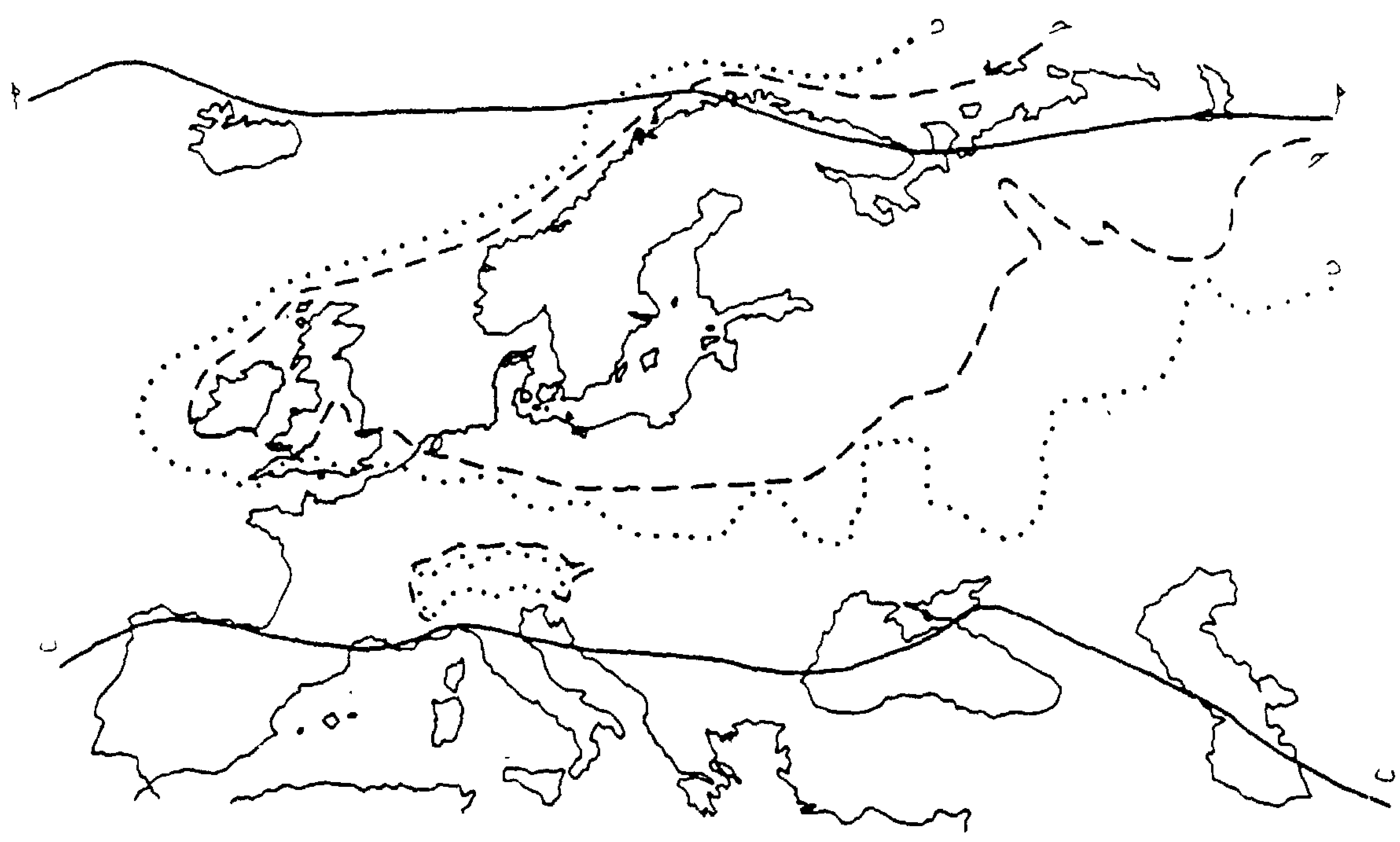
وقد افترض البعض أن الجليد كان أكثر امتدادا في الجزر البريطانية مما توضحه الخريطة (Kellaway,1971) ولكن الأدلة هنا غير كافية وقابلة للنقد ، إلى جانب أن دراسة الحصى النهري في كل من Testو Axc لم تشر إلى وجود كتل ضالة فيما بينها .

وقد أمكن التعرف على حدود الجليد فى الفترة الجليدية الأخيرة (ديفنسيان Deven sian) بشكل أفضل عن ذى قبل ، ويبدو أنه كان إلى الشمال منه فى الفترات السابقة ، فعلى سبيل المثال وصلت مقدمة الجليدالي ساحل نورفولك Norfolk فقط عند Hunstanton في ايست انجليا مقارنة بجليد الفترات السابقة الذي زحف جنوباً حتى شمال لندن .

ثالثا: أوروبا وآسيا :

كانت هناك ثلاثة مراكز رئيسية للجليد على اليابس الأوروبي الآسيوي وهي الألبي والسيبيري والاسكندنافي .

وقد غطى الجليد الألبي مساحة تقدر بحوالي ١٥٠٠٠٠ كم مربع وكان أدنى ارتفاع له



شكل (٢ - ٨) الظروف الجليدية فى أوربا

أ - الموقع الحالى لخط الغابات القطبية فى أوربا .

ب - موقع خط الغابات خلال أوج آخر فترة جليدية (فيرم) .

ج - إمتداد الرواسب الجليدية فى شمال أوربا ترجع الى آخر فترة جليدية .

د - حدود الرواسب الجليدية لفترة Riss - Saale و Mindel - Elster فى شمال أوربا .

(From data in Flint , 1971 and Kaiser , 1969)

٥٠٠ متر على الجانب الشمالي و ١٠٠ متر على الجانب الجنوبي للجبال ، ويقدر سمك الجليد الألبي بحوالي ١٥٠٠ متر . و بين هذا المركز والمركز الاسكندنافي كانت هناك مساحة فاصلة خالية من الجليد .

أما الجليد السيبيري فقد التحم بجليد جبال أورال واسكندنافيا ، وكان أقل في الامتداد ولم يصل إلى الجنوب كما وصل الجليد الاسكندنافي . وتناقص امتداده نحو الشرق بشكل عام ويرجع هذا في المقام الأول إلى عدم وجود مصدر ملائم للرطوبة والطاقة .

ويبدو أن الجليد الاسكندنافي استطاع خلال أقصى امتداد له (شكل ٢-٨) أن يندمج مع الجليد المنتشر من جبال أورال الروسية وفي الجنوب الغربي مع أنهار جليدية بريطانية المنشأ . وقد امتد هذا الجليد لمسافة غير معروفة في المحيط الأطلسي قرب النرويج ، ومن المحتمل أنه أندمج مع جليد كان يغطي سيتزبيرجن (Spitzbergen). وفي الجنوب كانت حدود الجليد في فترتي Elster و Saale على طول الأقدام الشمالية للمرتفعات الأوربية الوسطى، وقد امتد جليد Saale إلى الجنوب حتى وصل أحواض نهرى الدن والدنيبر ، وان كان سمك الجليد هنا غير معروف بالضبط إلا أنه قد يزيد عن ٣٠٠٠ متر سواء في غرب النرويج وعند رأس الخليج في بوثنيا Bothnia ويبلغ متوسط سمكه حوالي ١٩٠٠ متر .

وقد امتد الجليد كذلك عبر بحر الشمال الحالي والذي كان مستوى مياهه خلال أوج الجليد أعلى من مستوى سطح البحر ومن المعتقد أن شط الدوجر Dogger bank الذي يرتفع ٢٠مترا فوق مستوى قاع البحر في هذه المنطقة ما هو إلا بقايا ركامات هائلة بلغ طولها ٢٥٠كم وعرضها ١٠٠كم (Stride,1959) .

رابعاً : القارات الجنوبية

لم يلق الجليد في القارات الجنوبية نفس الإهتمام الذي لقيه الجليد في نصف الكرة الشمالي من حيث البحث والدراسة ، وقد يرجع هذا إلى أن المساحات التي غطاها الجليد في الجنوب كانت أقل بكثير عما كانت عليه في الشمالي .

فعلى سبيل المثال يبدو أن جبال دراكنزبرج في جنوب افريقيا لم تتأثر بالنشاط الجليدي

وان كان هناك بعض آثار للصقيع . وفي أستراليا تضاءل تأثير الجليد إلى حد كبير نظرا لإنبساط السطح من ناحية وجفاف قلب القارة من ناحية أخرى . وانحصر الجليد في مساحات محدودة مثل Snowy Mountains فى مساحة ٥٢ كم مربع وامتد فى تسمانيا Tasmania على مساحات أكبر وانتشر على الهضبة الوسطى غطاء جليدى ، أما نيوزيلند فنظرا لتضرس سطحها وارتفاعه وموقعها وسط المحيط نجد بها بعض الثلاجات حتى اليوم وذلك على غير ما نجد في أستراليا . وفي البليستوسين غطى الجليد جبال الجزيرة الجنوبية بينما بقيت الجزيرة الشمالية خالية من الجليد إلى حد كبير . وفي أمريكا الجنوبية إمتدت غطاءات جليدية واسعة الإمتداد من كوردليرا جبال الأنديز Cordillera Andean وفي أقصى الجنوب بلغ عرض الجليد ٢٠٠كم ووصل سمكه إلى أكثر من ١٢٠٠ متر كما امتد غطاء آخر حتى دائرة عرض ٣٠ درجة جنوباً تقريباً ، وإلى الشمال من دائرة العرض ٣٨ درجة جنوبا لم يمتد الجليد بعيدا عن الكولديرا في إتجاه الهادي غرباً أو في المنطقة السهلية شرقا . وكان أقصى امتداد له نحو الشمال في سيرانيفادا دي سانتا ماريا في كولومبيا .

وفي انتاركتيكا لم تزل معلوماتنا عن الجليد غير مكتملة ، وان كان من الواضح أن حدود وسمك الجليد اختلفا خلال البليستوسين ونهاية الزمن الثالث . وقد استدل على غطاء جليدى ضخم في غرب أنتاركتيكا في وقت مبكر من الايوسين ، وثمة علامات ناتجة من تحت الجليد توجد فوق قمم التلال المتبقية nunataks [1] إلى أن الجليد كان أكبرسمكاً مما هو عليه اليوم بما يتراوح بين ٣٠٠ و٨٠٠مترا ، وقد تأثر امتداد هذا الغطاء الجليدي العظيم إلى حد كبير بانفصال الجبال الجليدية في المياه العميقة نسبيا ومن المحتمل أن هناك إمتداد قد حدث نتيجة انخفاض مستوى سطح البحر .

وهناك بعض الآراء التي ترى أن الجليد في جنوب العالم قد تذبذب بشكل منفصل عن نصف الكرة الشمالي ، وبناءً على هذا الافتراض فإن الظروف العالمية شبه الجليدية قد تسمح للهواء الدافىء الرطب أن يتغلغل في أنتاركاتيكا وبذلك يزداد معدل تراكم الثلج وامتداده . ورغم

---

(١) nunatak هى التلال المنعزله أو القسم التى تبقى فوق مستوى سطح الغطاءات الجليدية

أن التذبذبات المناخية خلال المائتي سنة الأخيرة أيدت عدم التعاصر في التاريخ الجليدي لأنتاركاتيكا ، فإن ما يسمى بفترة روس١(RossI) قد أرخت بحوالي ٩٥٠٠ إلى ٢٥٠٠٠ سنة مضت مما يربطها مع أواخر فترة وسكنسن الجليدية Flint (1971). كما أن دراسة النظائر المشعة لعينات جليدية لبية في محطة Byrdتشير إلى تعاصر بين الأحداث المناخية الرئيسية في أنتاركيتا وتلك الأحداث في نصف الكرة الشمالي مع وجود فترة باردة رئيسية بدأت منذ حوالي ١٧٠٠٠ سنة وانتهت منذ حوالي ١١٠٠٠ سنة (شكل ٢-١٣ أ،ب).

وفي دراسة حديثة لحبوب اللقاح في أجزاء متفرقة من نصف الكرة الجنوبي وفي بعض المناطق الإستوائية (كينيا ، كولومبيا ، فيجو ، باتاجونيا ، جنوب شيلي ، حوض الأرجنتين ، جزيرة ماريون ، نيوزيلند) تم التوصل إلى تواريخ متشابهة لنهاية الفترة الجليدية الأخيرة، مما قد يؤيد فكرة التعاصر بين الأحداث الرئيسية في نصفي الكرة.

الصقيع الدائم Permafrost وامتداده في البليستوسين :

فيم وراء الغطاءات الجليدية البليستوسينية الهائلة كانت هناك مساحات عظيمة يسودها مناخ التندرا. وكثيرا ما كان يوجد بها الصقيع ، والمقصود بالصقيع الدائم هي حالة تجمد في التربة أو الصخر وتنتشر بشكل خاص في العروض العليا الشمالية ويصل سمكها إلى ما يقرب من ١٠٠٠متر .

وينطبق الحد الجنوبي الدائم للصقيع عند خط حراره -٥ درجة أو -٦ درجة مئوية (متوسط سنوى). أما الحد غير ملائم والمتفرق Sporadic فيقع عند درجات حرارة أعلى بقليل ، وان كانت لابد أن تكون دون الصفر . ففي أوروبا نجد أن الصقيع الدائم يقتصر على Novya Zemlya والمناطق الشمالية من سيبريا ، بينما يمتد الصقيع غير الدائم إلى الشمال من لابلاند Lappland وهناك دليل قوى يشير إلى تجمد التربة السفلية Subsoil في مساحات واسعة من أوروبا خلال الفترات الجليدية ، هذا الدليل عبار ة عن قوالب casts لأوتاد جليدية ice wedges تتكون من أشكال متعددة الأضلاع . ويمكن التعرف على هذه الأشكال في المقاطع Sections أو من الصور الجوية وقد وجدت على نطاق واسع ، على سبيل المثال ، في جنوب

وشرق انجلترا خاصة في كنت Kent وايست انجليا ووادى سفرن ، Severn ، ووارك شاير افون - Warwick Shire avon. وفي بعض الأجزاء المنخفضة في ديفون ، ولعل الجزء الوحيد الذي لم يتأثر بالصقيع في بريطانيا هي أطراف شبه الجزيرة الجنوبية الغربية (Wiliam 1975) .

وفيم يختص بالحدود الجنوبية للصقيع - أثناء الفترات الجليدية في أوروبا فمازالت محل جدال، مع أن أقصى حد يشير الى أن الصقيع إنتشر في أوروبا فيما عدا مناطق وسط وجنوب البلقان وشبه الجزيرة الإيطالية وشبه جزيرة أيبريا وجنوب غرب فرنسا . ولعل هذا يوضح إلى أ ي مدى تزحزحت التندرا والظروف شبه الجليدية نحو الجنوب والمساحات الشاسعة من أوروبا التي أنخفضت فيها درجات الحرارة . وعلى أساس خط حرارة -٥ درجةم كحد للصقيع يبدو إن شرق انجلترا كا ن أكثر قارية خلال البليستوسين نتيجة جفاف بحر الشمال إبان الفترات الجليدية بسبب إنخفاض متوسط سطح البحر ، والجدير بالذكر أن درجات الحرارة انخفضت هناك ١٥درجة م أو أكثر خلال آخر فترة جليدية .

وفي أمريكا الشمالية تقل المعلومات نسبيا عن مدى إنتشار الصقيع الدائم في الجنوب . ولكن نظرا لأن الحد الجنوبي للغطاء الجليدي في مرحلة وسكنسن كان أكثر امتدادا نحو الجنوب عن جنيد مرحلة فيرم في أوروبا ، كانت المنطقة التي سادتها ظروف شبه جليدية حادة ، محدودة الإنتشار .

ورغم أن وجود الصقيع الدائم يشير إلى أن متوسط درجات الحرارة كان منخفضا على غرار الدرجات المسجلة حاليا في أقليم التندرا على الأقل ، فمن المحتمل أن المناخات شبه الجليدية إبان الفترات الجليدية في كل من أوروبا وأمريكا كانت تختلف في خصائصها عن الوقت الحالي . وبسبب الموقع بالنسبة لدوائر العرض خاصة في أمريكا كان النهار أطول في فصل الشتاء وأقصر في فصل الصيف عنه في أي جزء من العروض العليا شبه الجليدية الحالية . كما يبدو أن الشمس قد ارتفعت أكثر في السماء مما أدى الي إرتفاع درجات الحرارة وسط النهار وأدت كذلك إلى تغيرات يومية ملحوظة ، وزادت معدلات التبخر .

تكون غطاءات اللوس (Loess sheets)

أرسبت اللوس خلال الزمن الرابع حول الغطاءات الجليدية العظيمة . واللوس عبارة عن غرين غير طباقي غير متماسك يحوى بعض الصلصال والرمال والكربونات التي أرسبت أساسا بواسطة الرياح (Smalley and Vita -Finzi) (١٩٦٨). وهي رواسب أكثر نعومة عن الرمال الهوائية . وتغطى رواسب اللوس مساحة ١,٦ X ٦١٠ كم مربع في أمريكا الشمالية و١,٨ X٦١٠كم مربع في أوروبا . وقد بلغ سمكها في الصين حوالي ١٨٠مترا وفي وادي الميسوري في كنساس إلى ٣٠مترا وفي روسيا الجنوبية ١٠-١٥مترا وعلى طول نهر الراين يقترب سمكها من٣٠مترا ويتراوح سمكها بين ١٠و٣٠مترا في الأرجنتين وقد تصل الى ١٠٠ متر أحيانا وفي سهول الجزيرة الجنوبية في نيوزيلند يبلغ سمكها ١٨مترا .

أما عن مصدر اللوس فقد تكون الأحواض الصحراوية أحد مصادرها ، ولكن المصدر الأكثر أهمية هي الرواسب الجليدية المنزوحة out wash والطفل الجلمودي till التي انكشفت حديثا فيما بعد الجليد ، حيث تقوم الرياح وخاصة القوية منها بحمل المواد الناعمة وارسابها على مسافات بعيدة خاصة تلك المناطق التي تتمتع بغطاء نباتي كثيف مثل ضفاف الأنهار حيث تكون الأنهار بمثابة مصايد لهذه الرواسب وتوزيع اللوس معروف حاليا بشكل جيد ، ومن المناطق الرئيسية في أمريكا الشمالية هي وسط آلاسكا وجنوب اداهوIdaho وشرق واشنطون وشمال شرق أوريجون، والأكثر أهمية من كل هذا ، الحزام العظيم الذي يمتد من جبال روكى عبر السهول العظيمة Great plains والأراضى الواطئة الوسطى central low lands في غرب بنسلفانيا . ويقل انتشار اللوس في شرق الولايات المتحدة نظرا لأن ظروف التضرس وطبيعة المواد والرواسب الجليدية تبدو أقل عنها فى نطاق الميسورى - المسيسيبى ، وفى أوروبا . تنتشر اللوس في الشرق على نطاق واسع حيثما تتواجد السهول وظروف الاستبس كما هو الحال في أمريكا الشمالية . ويظهر اللوس الألماني ذو ارتباط قوي بالرواسب الجليدية المنزوحة outwash. وفي فرنسا نجد نفس الوضع على طول ضفاف نهر الرون والجارون . حيث حمل النهران الرواسب من ثلاجات الألب والبرانس على الترتيب . كما كان الدانوب مصدرا رئيسيا آخر للغرين في شرق أوروبا . ويقل اللوس نسبيا في بريطانيا وقد يرجع هذا الي المناخ البحري

الذي أدى الي انكماش المساحات المكشوفة من الرواسب الجليدية . وان كانت الرواسب الهوائية في بريطانيا التي ترجع إلي ما قبل الجليد أكثر وضوحا لندرتها ، فهناك كثبان منخفضة وكدوات غير منتظمة الشكل توجد في بعض مواقع قليلة أما الغطاءات الرملية فهي قليلة السمك متقطعة خاصة إذا ما قورنت بتلك الموجودة في هولندا . كما أن اللوس هنا اكثر اختلاطا برواسب اخرى (Williams ,1975). وأقصى عمق لهذه الرواسب ٢-٣ أمتار ولا توجد الكثبان الرملية قبل الجليدية إلا في مناطق محدودة مثل بركلاند Breckland في ايست أنجليا وسكنثورب Scunthrope ويورك . وهناك بعض الرمال مثل رمال مرحلة Cheltenhans قد توجد متراكمة عند بعض الحواف .

وفي آسيا ، من المحتمل أن الاستبس والصحارى الداخلية كانت المصدر لرواسب اللوس العظيمة في الصين . اما في أمريكا الجنوبية فيعظم سمك الرواسب في كل من الأرجنتين وأروجواي في منطقة البامباس Pampas، حيث ساعدت الظروف الجافة وشبه الجافة في منطقة ظل المطر لجبال الأنديز مع وجود رواسب جليدية على خلق ظروف مثالية لتكوين اللوس . ويندر وجود اللوس في كل من أستراليا وافريقيا حيث كان الجليد هزيلا .

وسنتعرض لمناقشة أهمية رواسب اللوس وأثرها على مراكز الاستقرار البشرى في اوروبا فيما بعد الجليد في فصل لاحق .

درجة التغير المناخي خلال الفترات الجليدية و المطيرة :

رغم أن وجود كل من الغطاء ات الجليدية الشاسعة وظروف الصقيع الدائم يشير بوضوح إلى أي مدى تغيرت درجة الحرارة خلال الفترات الجليدية في البليستوسين ، فإنه يمكن بإستخدام عدد من الأساليب الحديثة التوصل إلى نتائج كمية quantitative اكثر دقة عن مدى تغير المناخ .

ويمكن تقدير درجات الحرارة باستخدام خمس طرق رئيسية ، هي : القياس بالنظائر المشعة ، منسوب الحلبات الجليدية ، امتداد الصقيع الدائم ، حدود الرواسب المتأثرة بالصقيع ، طبيعة بقايا النباتات والحيوانات . ومثل هذه الطرق تعترضها بعض المصاعب والمشاكل لأن

الحرارة ليست سوى أحد الضوابط التي تؤثر - على سبيل المثال - على مواقع الأشجار وخط الثلج . وبالمثل ، فتفسير أهمية منسوب خط الثلج بالنسبة للمناخ القديم ، ممثلا بمستوى قاع الحلبة الجليدية يعتمد إلى حد كبير على تقدير احتمالات معدلات تناقص الحرارة بالارتفاع Lapse rate ، والمقصود بهذا المصطلح هو متوسط معدلات تغير درجات الحرارة حسب المنسوب (وهي بشكل عام ٦درجةم سيليزية لكل ١٠٠متر) ولكن هذه المعدلات معرضة للذبذبات المحلية .

وقد أثبتت طرق القياس بالنظائر المشعة كفاءتها والتي من بينها قياس معدلات أ١٨/أ١٦ لدراسة حفريات المنخريات خاصة بتطبيقها على العينات اللبية لأعماق قيعان البحار ، ومع ذلك فهناك عاملين رئيسيين لابد من وضعهما في الاعتبار ، الأول : درجة حرارة المحيط والثاني هو التركيب الاشعاعي الأصلي لمياه المحيط وقد تعرض كلا العاملين ومدى أهميتهما النسبية لنقاش مكثف (Shackleton ١٩٦٧). ورغم هذا ، فمن ناحية المبدأ ، هناك علاقة بين التوافر النسبي لكل من العنصرين أ١٦ و أ١٨ في الكربونات العضوية (أصداف الرخويات) وحرارة المياه عندما تكونت الكربونات . حيث يزداد أ١٨بمقدار ٠,٠٢ ٪ كلما انخفضت الحرارة بمقدار درجة واحدة سيلزية . وهذا التغير الطفيف في المعدلات يمكن التعرف عليه بواسطة جهاز Mass-spectometer[1] .

ويشير انخفاض مستوى خط الثلج خلال الفترات الجليدية إلى انخفاض درجات الحرارة ، خاصة حرارة الصيف ، كذلك يجب أن نتذكر أن التساقط والسحب قد تؤثر على مستوى خطوط الثلج ، مثل معدل تغير درجة الحرارة حسب الارتفاع ومعرفة معدل التغير المحلي حسب المنسوب المطلوب لربط حركة خط الثلج ارتفاعاً أو انخفاضا بتغيرات درجة الحرارة . كذلك فإن موقع خط الثلج البليستوسيني عرضة لبعض الخطأ في تقديره ، حيث أنه يتحدد بدراسة مواقع قيعان الحلبات الجليدية . والمعروف أن قيعان الحلبات تميل للظهور حول خط حرارة صفر درجةسيلزيةالصيفي أو أقل . علما بإنه لا يمكن قياس الحلبات الجليدية إلا في المناطق التي لم تنمو فيها الثلاجات السابقة خلف الحلبات المعلقة Corric. والقيم التي تم تقديرها بهذه الطريقة تشير الي انخفاض متوسط درجات الحرارة خلال الفترات الجليدية بحوالي ٥ درجة سيليزية . كما أن اختلاف انخفاض خط الثلج من اقليم لآخر يتراوح بين ٢و١٠درجة سيليزية . وهذا يعني

(١) جهاز لقياس النظائر المشعه خاصة الموجودة بكميات نادرة

أن انخفاض خط الثلج يتراوح بين عدة أمتار و ٦٠٠-٧٠٠ متر في الأورال الشمالية وأطلس الوسطى والقوقاز ، وإرتفعت إلى ١٣٠٠-١٥٠٠ متر في شمال البرانس وفي جبال كلمنجارو وفي جبال الأبنين وأطلس التل .

فيما سبق من مناقشة عن الصقيع الدائم في أوربا ، اتفق على أن حد الصقيع الدائم في سيبريا واسكندنافيا وأمريكا الشمالية يمكن ربطه بمتوسط درجة الحرارة ومن ثم يمكن استنتاج درجة حرارة البليستوسين . علما بأن بيانات الصقيع تميل لإعطاء قيم أعلى إلى حد ما عن مدى انخفاض درجات الحرارة عما نحصل عليه من بيانات خط الثلج . هذه القيم كانت ١٥- ١٦درجة سيليزية لوسط انجلترا وايست انجيليا و١٠- ١٥ درجة سيليزية لوسط أمريكا الشمالية و١١درجة سيليزية في ألمانيا .

ورغم أن الظروف المناخية الحالية في كثير من أرجاء العالم أكثر دفئاً وجفافا وهي عوامل لا تشجع على تأثير الصقيع في تفكك الصخور ، إلا أن هناك ركامات سفوح Screes تتكون من فتات حاد الزوايا يفسر على أنه ناتج عن نشاط الصقيع ، منها على سبيل المثال تلك التي وصفها Hey (١٩٦٣) في برقه شمال شرق ليبيا وفي طرابلس شمال غرب ليبيا . ومثل هذه الرواسب شبه الجليدية يشير إلى انخفاض درجة الحرارة أثناء الجليد بما يربو على ١١ درجة سيليزية في جنوب غرب الولايات المتحدة (Galloway, 1970) . وأكثر من ٦ درجة في جبال Snowy و كانبرا في استراليا ومايزيد عن ١٠ درجة في مقاطعة الكاب في جنوب افريقيا .

والجدير بالذكر أن البيانات التي يستدل عليها من دراسة الكائنات الحية والنباتات يصعب تفسيرها إلا بطريقة وصفية ، ورغم هذا فقد اقترح Flint بعد دراسته للعديد من المصادر أنه عند قمة الفترة الجليدية الأخيرة انخفضت درجات الحرارة في المتوسط حوالي ٦ درجة علما بأن هذه القيمة تتفق مع نتائج دراسة خط الثلج الدائم . كما اقترح Segota (١٩٦٦) انخفاضا في درجة الحرارة في وسط أوروبا يتراوح بين ١٠و١٥ درجة .

كما أن مقارنة المنخريات Foraminifera في رواسب الفترات الجليدية الموجودة في العينات اللبية العميقة لقاع البحر بمنخريات الحاضر في نفس المواقع ، يشير إلى انخفاض أثناء الفترات الجليدية يقدر بحوالي ٥ درجة سطح مياه الكاريبي و ٤٦ درجة لمياه الأطلنطي

الاستوائي و٧ درجة ، ٥ درجة للمياه الاستوائية في غرب افريقيا (Hect,1974).
وبعد استعراض عام أجرى حديثا علي الأدلة الخاصة بدرجات حرارة مياه البحار (Climap Project Members ،١٩٧٦.) اقترح أنه على مستوى العالم كان متوسط شذوذ درجات حرارة مياه سطح البحر بين الحاضر والفترات الجليدية حوالي ٢.٣درجة. ورغم هذا ، فعلى المستوى المحلي ، في شمال الأطلسي على سبيل المثال حيث تغير موقع تيارالخليج تغيرا جوهريا وبلغت قيم الشذوذ ١٢-١٨درجة.

وعلي اليابس ، هو الآخر يبدو أن الانخفاض المحلي في درجات الحرارة كان أكبر مما إقترح حتى الآ ن ، فالمناطق التي غطاها الجليد ، وكنتيجة للتدرج الحراري وشدة الإنعكاس المرتبطة بالغطاءات الجليدية ice caps قد أصبحت باردة مثل أنتاركتيكا ، ومن المحتمل أن التبريد كان بمقدار ٦٠ درجة وانخفض المتوسط إلى -٦٠ درجة.

واذا كان حساب تغير درجات الحرارة تكتنفه بعض المصاعب فإن حساب معدلات التساقط في الماضي يعتبر أمراً في غاية الصعوبة ، حيث أن معظم الطرق المستخدمة لا تقيس معدلات التساقط ولكنها تحاول قياس معدلات البخر /التساقط . ولذا فهي تعتمد إلى حد ما على تقديرات درجة الحرارة ، علما بأن انخفاض درجة الحرارة على النحو الذي اوضحناه سالفا قد يؤدي في كثير من المناطق إلى نشأة بعض الأشكال الناتجة عن فعل المياه أو الأشكال البحيرية والتي تم تفسيرها في الماضي على أنها نتجت عن زيادة في كمية المطر . ومن الظاهرات التي يمكن استخدامها لتقدير تغير معدل التساقط /التبخر ، حجم البحيرات ومستواها ، وطبيعة رواسب الكهوف وتوزيع الكثبان وخصائص التربات القديمة وطبيعة نظم التصريف السابقة والتي يمكن التعرف عليها من دراسة الرواسب وأشكال السطح ، وان كان من الصعب الحصول على أية بيانات كمية من هذه المصادر رغم تعدد المحاولات .

وكما أشرنا من قبل فقد تضخمت البحيرات في مرحلة من البليستوسين والهولسين المبكر ، ومن المعروف أنه في البحيرات المغلقة يعتمد مستوى سطح البحيرة على التوازن بين كمية المطر والتبخر والمساحة السطحية . ولأن الحرارة أحد العوامل الرئيسية التي تتحكم في معدلات التبخر ، فلو استطعنا تقدير درجات الحرارة في البليستوسين أصبح في الإمكان حساب كمية المطر التي

تصل بها البحيرة لمستوى وحجم ومساحة معلومة . وبناء عليه أمكن التوصل إلى أن كمية المطر في شرق افريقيا منذ ٩٠٠٠-٦٠٠٠ سنة كانت ١٦٥٪ بالنسبة للمطر الحالي ، على فرض أن درجة الحرارة كانت في الهولوسين المبكر أقل بدرجتين أو ثلاث عما هي عليه الآن (Butzer et al ,1972).

وفي أمريكا ، وباستخدام بيانات درجة الحرارة وباستخدام درجة الحرارة المحسوبة على أساس خط الثلج وقياسات أخرى مرتبطة بذلك ، استطاع بعض الجيولوجيون والهيدرولوجيون تقدير مستويات المياه في مجموعة من البحيرات المرتبطة بالمطر في منطقة Basin and Range خلال أقصى ارتفاع لها في البليستوسين المتأخر . وتقدر الزيادة في متوسط التساقط السنوى بما يتراوح بين ١٨٠ ..٢٣٠مم كما يتراوح الانخفاض في المتوسط السنوى لدرجات الحرارة بين ٢.٧ و٥درجة م ، فعلى سبيل المثال أقترح كل منSnyderan &Langbein (١٩٦٢) كمية مطر تصل إلى ٥١٠مم في Spring Valley في نيفادا مقارنة ب ٣٠٠مم في الوقت الحاضر . والجدير بالذكر أن هذه التقديرات وضعت على أساس قيم درجات منخفضة . وعلى نقيض ما سبق فقد أقترح Gallaway (١٩٧٠) من خلال ظواهر شبه جليدية ، أن درجة الحرارة انخفضت بمقدار ١١درجة في جنوب غرب الولايات المتحدة ، بناء عليه تراوحت كمية التساقط بين ٨٠ و٩٠ ٪ من كمية التساقط الحالي . وعلى الجانب الآخر وبعد استعراض عام للأدلة خاصة في كل من أستراليا والولايات المتحدة استطاع Dury (١٩٦٧) أن يقترح أن البحيرات المنكمشة والأنهار الضامرة misfit تشير إلى الزيادة في متوسط المطر بواقع ١.٥-٢٪ عن الوقت الحاضر مع وضع إنخفاض درجات الحرارة في الإعتبار .

الأحوال النباتية في الفترات الجليدية في أوروبا :

خلال الفترات الجليدية البليستوسينية ، تميزت النباتات في الفترات الجليدية وشبه الجليدية في أوروبا بخصائص الطبيعة المفتوحة Open nature. وندرة الأشجار نسبيا وتميزت المجموعات النباتية بخصائص نتوقعها في بيئة الاستبس البارد (شكل ٢-٩).

في غرب أوروبا ، أظهر فحص حبوب لقاح الفترة الجليدية الأخيرة (فيرم - ويسشليان)

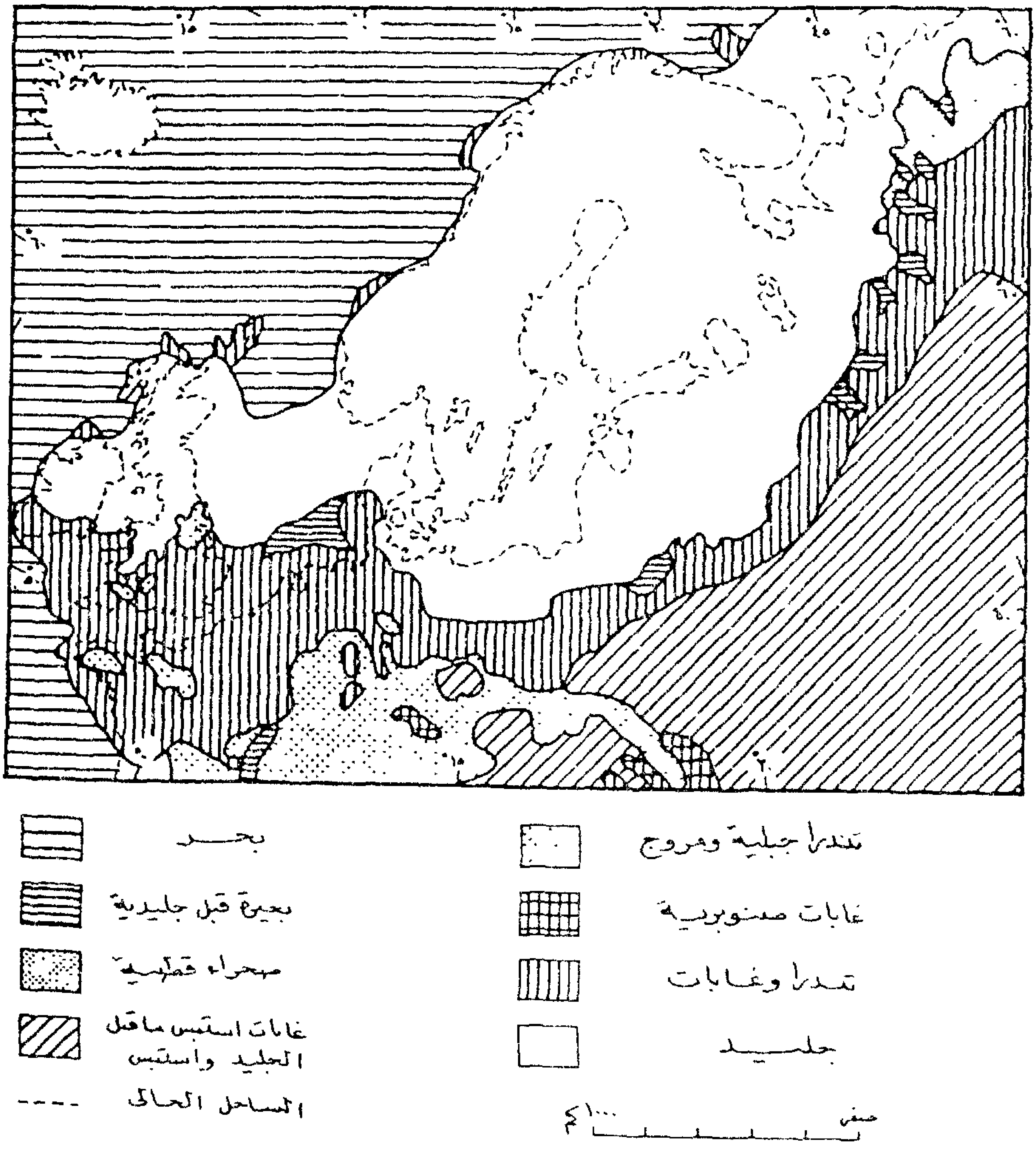
قليل من الشجيرات المخروطية araboreal وآثار كل من Artemisia و Thalictrum التي تميز البيئات المفتوحة Open habitats. وفي المناطق الساحلية مثل كورن وول وأيرلندا ظهرت شجرة البتولا القزمية dwarf brich و الصفصاف Willow، وتستمر نفس الظروف بالاتجاه نحو الجنوب ، ففي Biarritz في جنوب غرب فرنسا نلاحظ قلة حبوب لقاح الأشجار في الرواسب الجليدية ، وان كان من المحتمل أن بعض أشجار البلوط والبندق قد وجدت في الأراضي المنخفضة في Gascogene وعلى غرار الصقيع الدائم ، تحركت الحدود الشمالية القصوى لمناطق النباتات الرئيسية بعيدا الى الجنوب من موقعها الحالي (شكل ٢-١٠).

وبالاتجاه شرقا في أوروبا من المحتمل أن المناطق الواقعة عند مقدمة الجليد كانت فاصلة تماما. ولكن إلى الجنوب في نطاق التراب الهوائي الناعم (اللوس) يبدو أنه قد سادت نباتات عشبية . وفي المناطق الأكثر ملاءمة مثل رومانيا والمجر كان هناك بعض شجر الصنوبر أثناء الفترات الجليدية . وعلى الجانب الآخر ، في روسيا اعتبارا من جنوب بولندا حتى الأورال الجنوبية ، كانت كلها مغطاة بنباتات استبس جافة تتحمل الملوحة Artemisia steppe ، وإلى الجنوب كانت هناك نباتات التندرا أو غابات استبس مع مساحات صغيرة من أراضي شجرية النبات Wood land في القرم وعلى طول الشواطىء المتزايدة (١) لبحر قزوين .

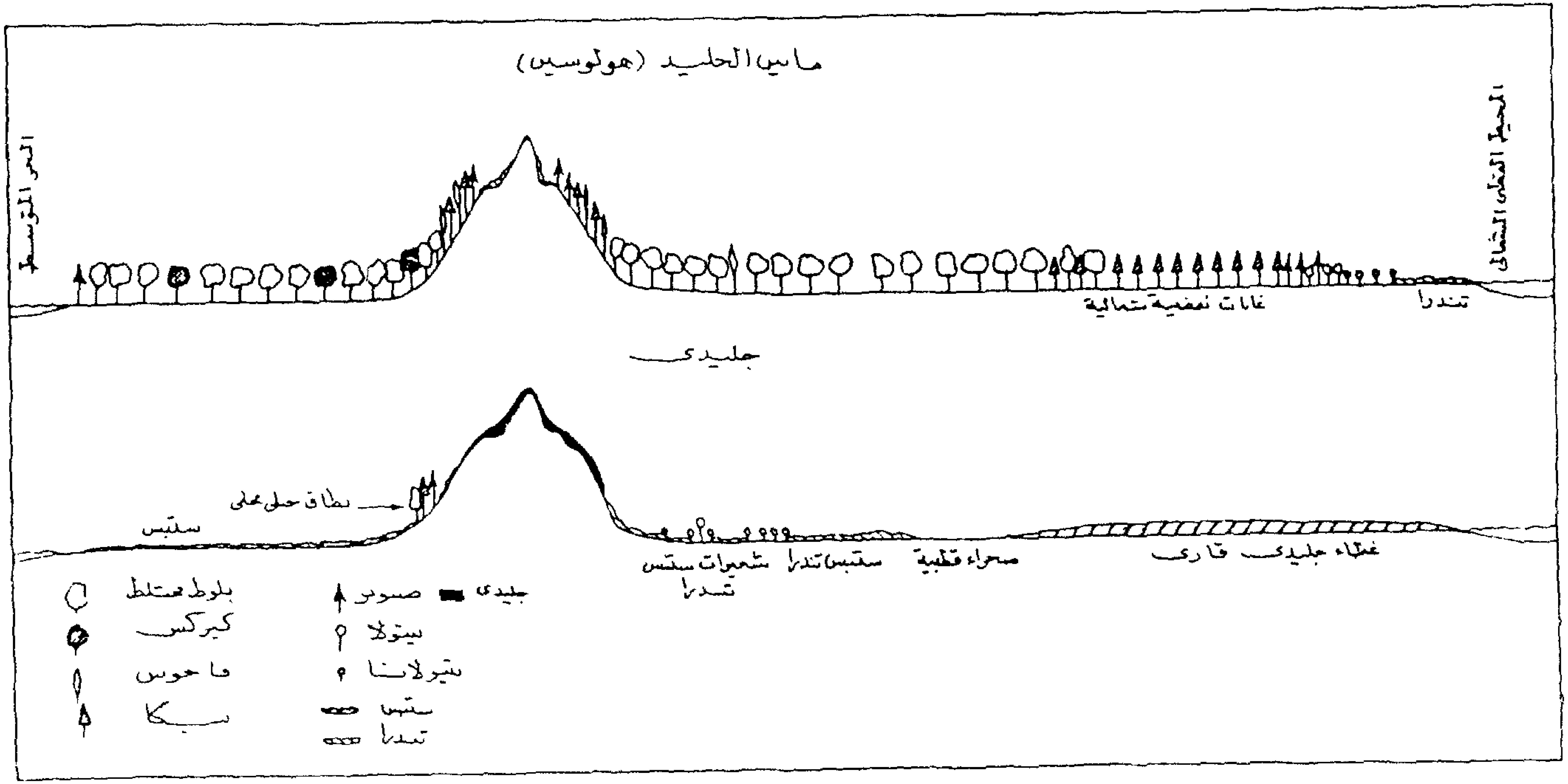
وفي البقاع الجنوبية في أوربا والشام حول السواحل الشمالية للبحر المتوسط كانت النباتات شبه استبس وجافة (Bonattiو١٩٦٦) مع بعض مناطق من الصنوبر . ومن المحتمل أن هذا الحزام امتد عبر جبال زاجروس في غربي ايران مع سيادة Artemisia عند مناسيب مرتفعة مختلطة مع نباتات ألبية جافة . ويظهر شكل ٢ -١١ هذا التعاصر الظاهري بين كل من أوروبا الغربية وسوريا ولبنان فيما يختص بالتغيرات الحرارية ، حيث يظهر توافق قوي في الجفاف والبرودة .

---

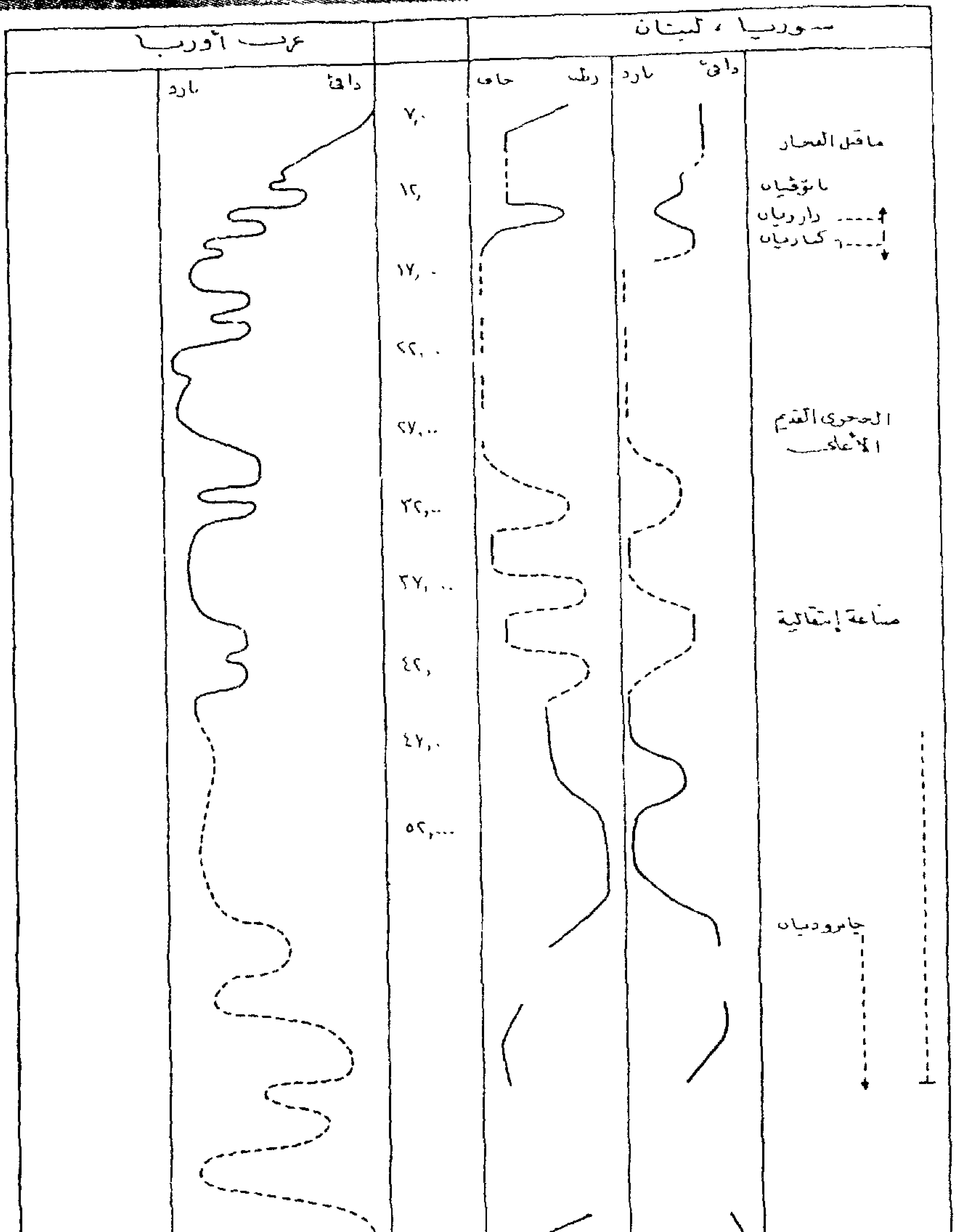
(١) تضاعف حجم بحر قزوين فى بعض الفترات نتيجة إنصراف كميات هائلة من مياه الجليد الذائب وبلغ إرتفاع المياه حوالى ٧٦ مترا فوق مستواها الحالى مكونا أكبر بحيرة علي سطح الأرض



شكل (٢-٩) الشكل الجغرافى القديم لشمال أوربا خلال أوج فترة Valdai
(after Gerasimov , 1969)



شكل (٢ - ١٠) شكل توضيحي للنباتات خلال فترة ما بين جليدية وفترة جليدية في قطاع جنوبي - شمال عبر أوروبا . (after Hamen et al 1971)



شكل (٢ - ١١) منخيات المناخ القديم للفترة الجليدية الأخيرة في الشرق الأوسط وغرب أوربا . على أساس تحليل حبوب اللقاح .

(From Lexoi - Gourhan , 1974)

بعض أسماء فترات Interstadials موضحة على الجانب الأيسر بينها أسماء لمواقع الكهوف ما قبل التاريخية . وهى laugerie , Lascaux Arcy , Tursac وعلى الجانب الأيمن بعض أسماء لفترات حضارية .

تشير كثرة النباتات الملحية إلى إنخفاض كمية المطر ، هذه النباتات التي ظهرت في فترة جفاف interstadial التي تنتمي لوسط فترة ديفنسيان mid-Devensian في بريطانيا . وكذلك الحال في المناطق I,III في الفترة الجليدية الأخيرة في Isle of Man.

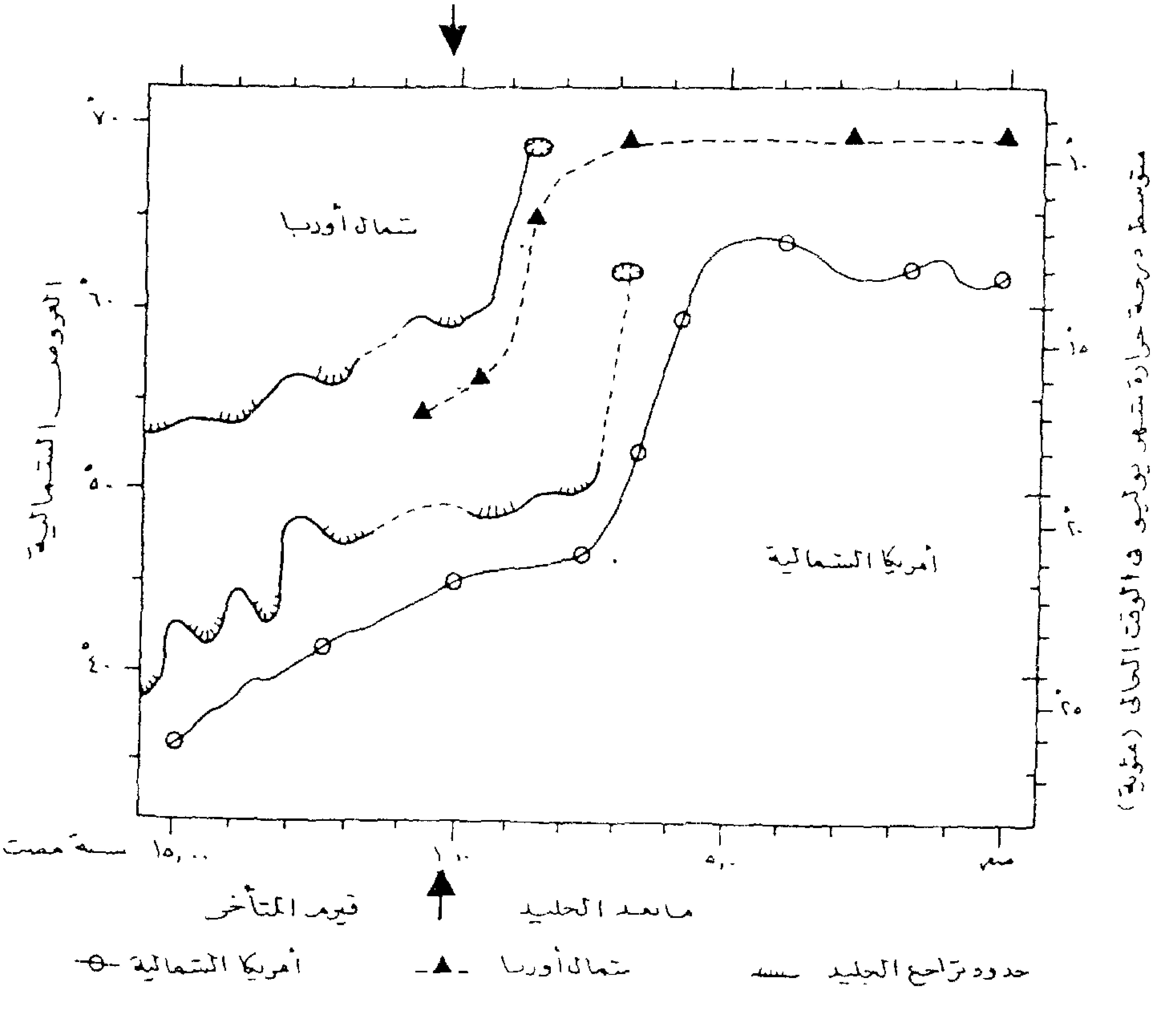
نباتات الجليد في أمريكا الشمالية :-

على الرغم من أن معظم الاقليم الواقع الى الشمال من الألب الأوروبية قد نمت فيه غابات التندرا وظهرت صحراوات صخرية باردة قرب الجليد خلال الفترة الجليدية الأخيرة ، نجد أن ما توافر من بيانات عن أمريكا الشمالية يشير إلى أن المساحة المتاخمة للحدود الجنوبية للجليد كانت مغطاة بغابات شمالية boreal وليست بغابات التندرا . ويرجع هذا الأختلاف إلى أن حدالجليد في أثناء فترة وسكنسن في أمريكا كان يقع اكثر تطرفا نحو الجنوب عن الحد الأوروبي . إلى جانب هذا ، فالألب بغطائها الجليدي الهائل عملت على تعزيز أو تقوية منطقة الضغط المرتفع شبه الدائمة المرتبطة بالغطاء الجليدي الاسكندنافي . ومن المحتمل أن هذا أدى الى جلب رياح غربية دافئة إلى المنحدرات الجنوبية لجبال الألب ، وكما هو معروف فأمريكا الشمالية تخلو من أية سلاسل جبلية تمتد من الشرق إلى الغرب (١).

وكانت الغابات الشمالية التي يسودها Picea , Pinus تغطي مساحات واسعة خلال الفترات الجليدية في أمريكا الشمالية وان لم توجد في كل مكان ولهذا وجدت بعض مساحات من غابات التندرا والمساحات الخالية من الأشجار ، ولكنها لم تكن على نفس الانتشار الموجود في أوروبا . ولايعرف الحد الجنوبي للغابات الشمالية على وجه الدقة ولكنه قد يكون في مكان ما في جنوب وسط الولايات المتحدة وربما يمتد إلى الغرب من جورجيا ، كما أنه من المحتمل أن الغابات قد كونت حزاما عرضيا في نفس امتداد الحزام الحالي لمسافة ١٠٠٠كم إبتداء من خليج هدسن حتى البحيرات العظمى . وفي الجنوب الغربي حيث تبدو بحيرات الفترات المطيرة متعاصرة مع الفترة الجليدية الرئيسية ، يشير فحص حبوب اللقاح إلى وجود نسبة عالية من الصنوبريات خلال فترة وسكنسن وان كانت المنطقة الآن تشهد نباتات شبه صحراوية . وفي الكولديرا الغربية انخفض خط الاشجار إلى منسوب ٨٠٠-١٠٠٠متر ، واتسع نطاق النباتات الألبية في الجبال .

---

(١) يساعد هذا الوضع التضاريسى على وصول الرياح الشمالية الباردة إلى جنوب قارة أمريكا الشمالية (المترجم)

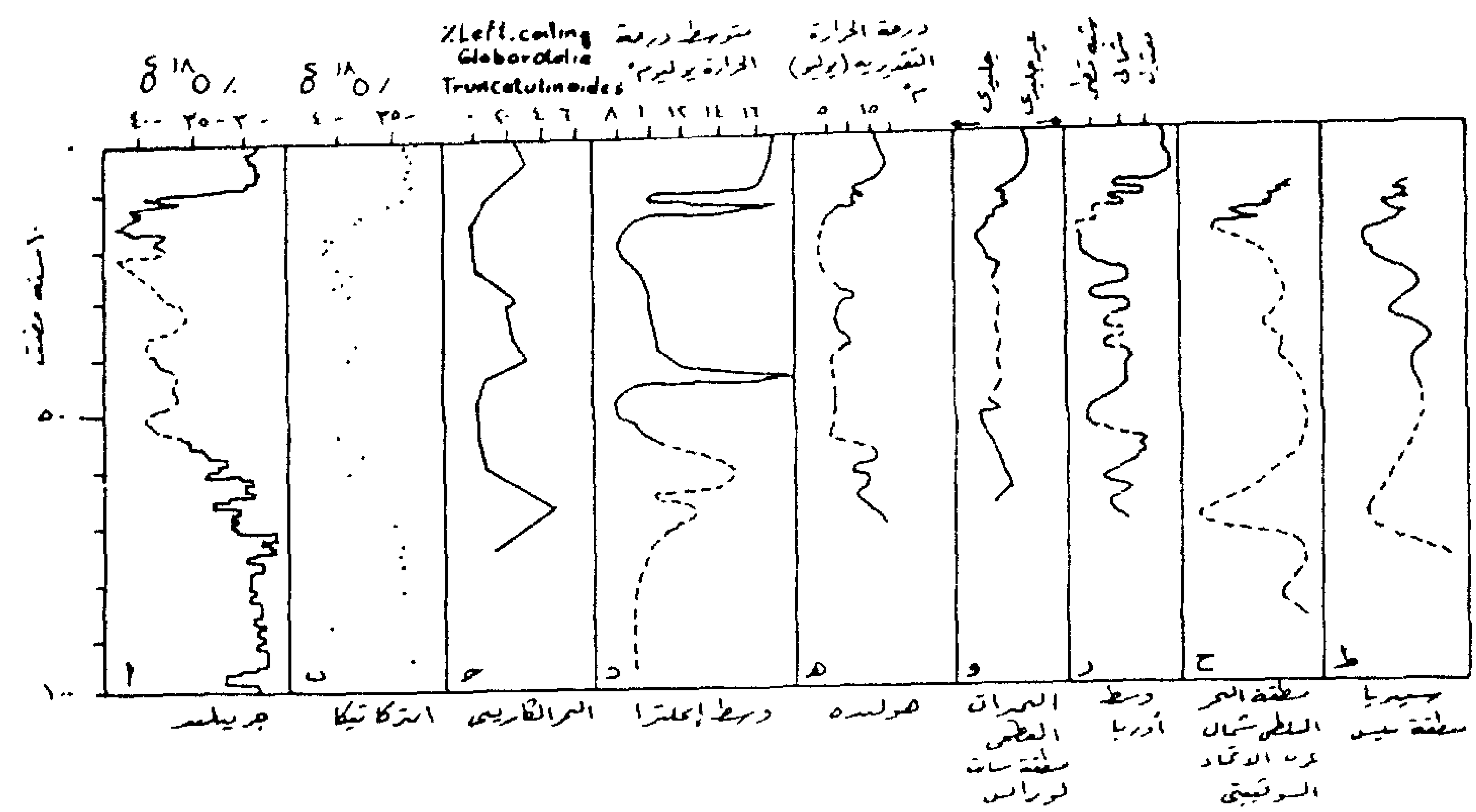


شكل (٢ - ١٢) التغيرات حسب دوائر العرض للنطاق الشجرى القطبى منذ ١٥,٠٠٠ سنة مضت . (after Markgraf , 1974)

وبالمثل نجد أن موقع خط الأشجار القطبي الشمالي بالنسبة لخطوط العرض في نهاية مرحلة فيرم (شكل ٢-١٢) كان يختلف تماما عما بعد الجليد (Markgraf,1974) وكانت الزحزحة حوالي ٢٤ - ٢٥ درجة سيليزية.

فترات الدفء Interstadials خلال مرحلة فيرم :

من المشاكل التي تواجه دراسة الجليد هي مشكلة تعريف المصطلحات ومنها على سبيل المثال تلك الفترات التي يقل فيها الجليد. ويزداد الدفء نسبيا خلال فترة جليدية رئيسية ، هذه الفترات يطلق عليها مصطلح interstadials وان لم يكن هناك اتفاق عالمي حول الفارق بين هذا المصطلح ومصطلح interglacial ، وان كان هناك ما يشير إلى أنه في كثير من أجزاء أوروبا وفي أماكن أخرى ، أن جليد فيرم (ويشسيل -وسكنسن) تخلله بعض المراحل التي قل فيها نشاط الجليد (شكل ٢-١٣) حيث تطورت بعض الترباتSoils ورواسب أخرى متميزة . وقد تم تأريخ الكثير من هذه الرواسب بواسطة النظائر المشعة ومن الممكن عقد مضاهاة بين هذه الرواسب (شكل ٢-١٤) ويشير فحص هذه التواريخ رغم انتشار قيمها Spread إلى أن هناك تجمع clustring في الفترة من ٥٠٠٠٠ إلى ٢٣٠٠٠سنة مضت . ومن المحتمل أن هذه الفترة لم تكن فترة دفء مستمر نسبيا ولكن يبدو في كثير من المناطق أن هناك اتجاه لوجود فترة دفء Interstadial واضحة عند نهاية هذا الوقت ، خاصة منذ ٢٨٠٠٠ سنة (, Olympa , Kargy, Poudorf , Plum Point , DeneKamp.الخ). كما كانت هناك بعض فترات توقف قصيرة قرب بداية فترة فيرم (وسكنسن ، وسيشل). وكانت هذه الفترات كافية لتؤدي الى تقلص جليدي في اسكندنافيا (St-Pierre, Chelford , Amersfoort, Brorup) وقد شهدت الفترة منذ ٢٥٠٠٠سنة حتى نهاية البليستوسين امتدادا جليديا هائلا في نصف الكرة الشمالي على الأقل ، أطلق عليه العديد من الأسماء المحلية مثل Haupt Wurm في أوروبا ، وود فورديان Woodfordian في شمال الولايات المتحدة ،Pinedale في جبال روكي . كما تميزت الألف سنة الأخيرة من اخر فترة جليدية بعدد من interstadials,stadials الصغيرة والتي يجيء وصفها فيما بعد في الفصل الرابع .



شكل (٢ - ١٣) التذبذبات المناخية خلال ١٠٠,٠٠٠ سنة الأخيرة بناء على عدد من الأدلة

أ - التغاير المناخي كما أظهره تغير معدل أ ١٦ / أ ١٨ في عينة لبيه جليدية من كامب سنشرى جرينلند
(after Dansgaard et al , 1969)

ب - التغاير المناخي كما أظهره تغير معدل أ ١٨ / أ ١٦ في عينة لبيه جليدية من محطة Byrd أنتركاتيكا
(after Epstein etal. 1969)

ج - منحنى مناخي على أساس النسبة المئوية لـ Left - Coiling
Globorota lia truncatulınoides في عينة لبية من البحر الكاريبي
(after Wollın etal , 1970).

ء - متوسط درجة حرارة شهر يوليو لوسط انجلترا على أساس دراسة خنافس حفرية .
(after Coope , 1975).

هـ - التتابع المناخي في هولندا مستنتجة من أدلة لحفريات نباتية
(Afte Hammen et al , 1967)

و - النشاط الجليدي في البحيرات العظمى (after flın , 1971)..

ز - التذبذبات الجليدية والتذبذبات الأخرى في وسط أوربا . (after Morner , 1969).

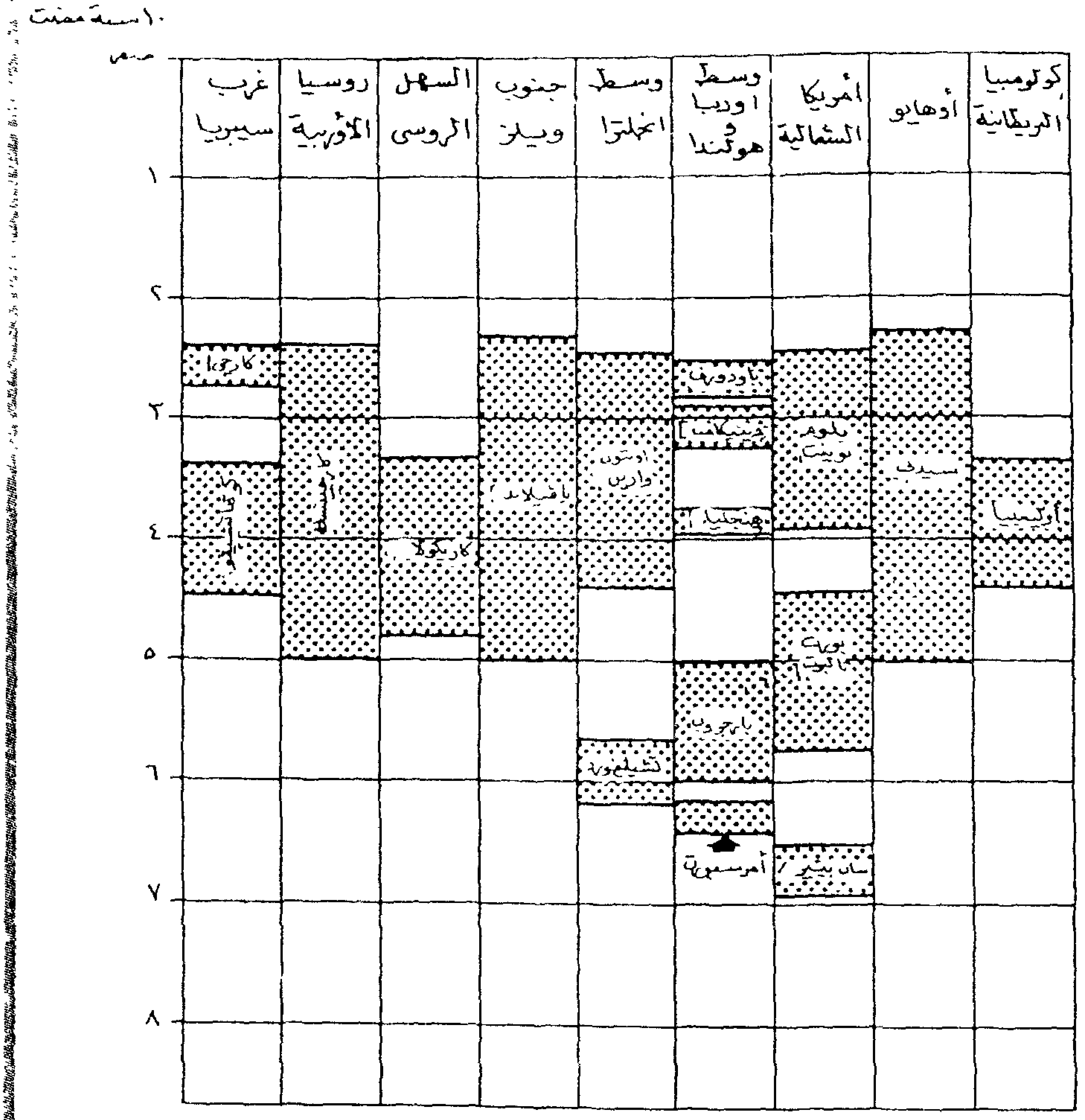
ح ، ط - التذبذبات الجليدية في الاتحاد السوفيتي .
(after Dreımanıs and Raukas , 1975).

(يلاحظ أن الظروف الأبرد يشار اليها بتحريك المنحنى نحو اليسار) .

وهناك أيضا دليل مؤكد من دراسة العينات الجليدية اللبية ، في كل من القارة المتجمدة الشمالية والجنوبية ، على فترات دفء (شكل ٢-١٢). ففي كامب سنشرى وجرينلند توصل الدارسون إلى وجود فترات دافئة عمرها ١٩٠٠٠-٢٣٠٠٠، ٤٦٠٠٠-٥٦٠٠٠، ٦٨٠٠٠-٧٤٠٠٠، ٧٥٠٠٠-٧٨٠٠٠ سنة مضت بينما في محطة بيرد Byrd station في أنتاركتيكا هناك ما يشير إلى فترات دافئة عند ٢٥٠٠٠، ٣١٠٠٠، ٣٩٠٠٠سنة مع فترات أبرد عند ٢٧٠٠٠، ٣٤٠٠٠، ٤٦٠٠٠ سنة مضت . كما يشير فحص العينات اللبية لقاع الأطلنطي والكاريبي إلى ظروف دافئة منذ ٢٥٠٠٠ ، ٤٠٠٠٠، ٦٥٠٠٠.

ولمعرفة الظروف البيئية السائدة خلال فترات الدفء تم دراسة حبوب اللقاح والحفريات الحيوانية . ففي انجلترا ، على سبيل المثال تميزت فترة شيلفورد Chelford التي حدثت منذ حوالي ٦٠٠٠٠ سنة بوجود غابات شمالية . كما وجدت بها حفرية خنفساء beetle fauna تضاهى الموجودة في جنوب شرق فنلندة في الوقت الحاضر . وتشير الحفريات الحيوانية التي تنتمي إلى فترة Upton Warren والتي حدثت منذ حوالي ٤٠٠٠٠ سنة إلى أن حرارة شهر يوليو كانت أعلى على الأقل بخمس درجات مئوية عما كانت عليه الحرارة في الفترة الجليدية الحقيقية التالية . وفي مراجعة حديثة لمجموعة الأدلة التي وفرتها Coleoptera، اقترح Coope (١٩٧٥) أن أقصى درجة حرارة في فترة Upton Warren كانت منذ حوالي ٤٣٠٠٠سنة حيث كان متوسط درجة حرارة شهر يوليو في وسط انجلترا حوالي ١٨درجة سيليزية . وهي أدفأ قليلا عن الوقت الحالي ، مما يشير إلى نظام مناخي أكثر قارية . ومن المحتمل أن الفترة الدافئة كانت قصيرة نسبيا ولم تستمر اكثر من ١٠٠٠ سنة فقط . وفى الدانمرك كانت درجة حرارة يوليو خلال فترة ويسشليان بروروب Weichselian Brorup أقل من الحاضر بحوالي ٢-٣درجة سيليزية . أما في هولندا فكانت درجة الحرارة أقرب ما تكون إلى ماهي عليه في الوقت الحاضر .

ويتضح من دراسة حبوب اللقاح أن الدفء النسبي الذى ساد خلال فترات الدفء قد انعكس على النباتات في أوروبا . ففي حزام الاستبس بجنوب أوروبا والذى شاع فيه Artemisia خلال الفترات الجليدية ظهرت به حبوب لقاح تشير إلى ظروف شمالية متطرفة وفي فترة DeneKamp .كانت هناك غابات صنوبرية في كل من جنوب أسبانيا ومقدونيا ،



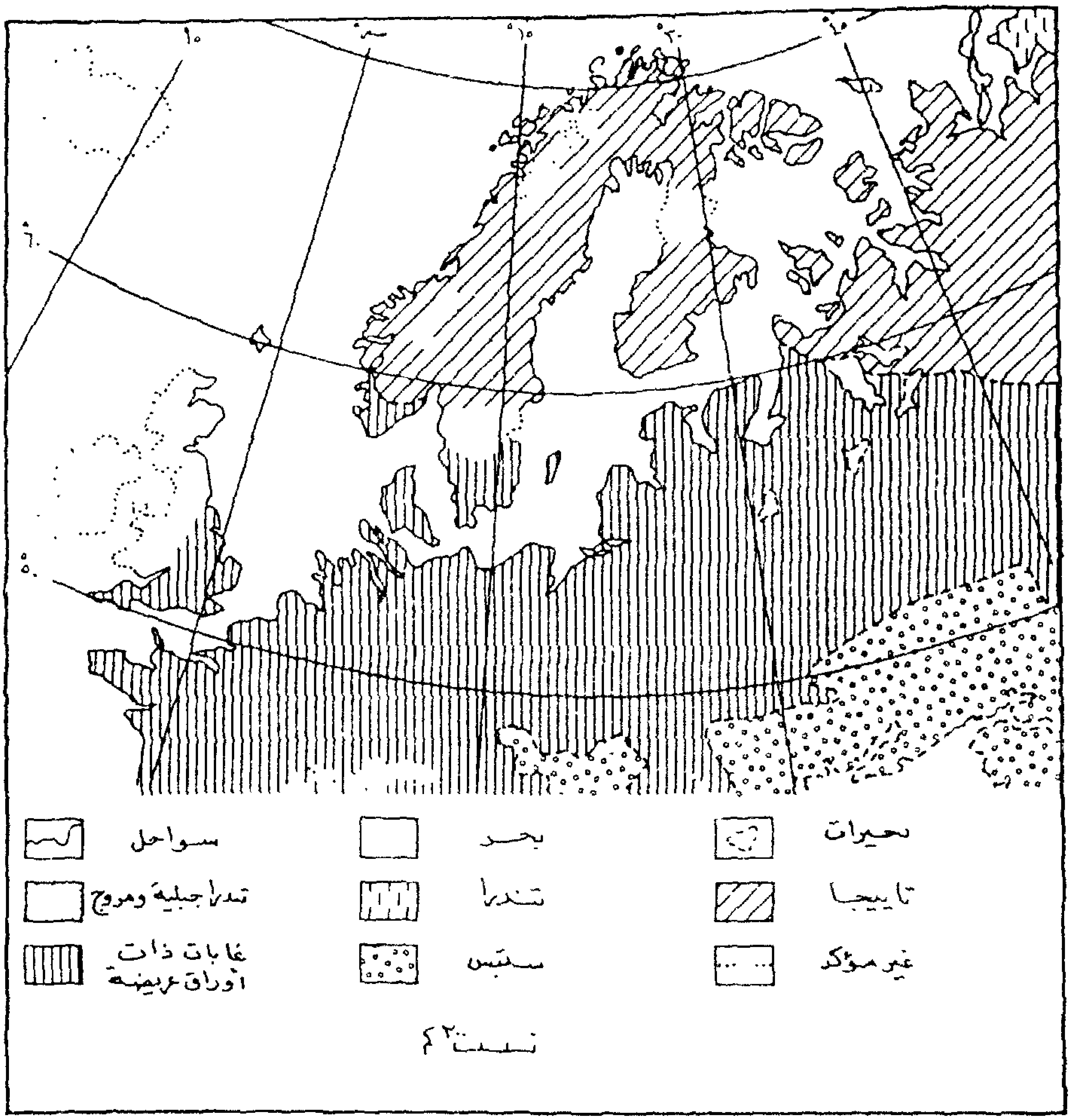
شكل (٢ - ١٤) تواريخ فترات التوقف التى تم تأريخها لآخر فترة جليدية فى نصف الكرة الشمالى.

بينما في مرحلة Brorup وجد في جنوب اسبانيا نباتات Quercus ilex و وجد في مقدونيا غابات من Rapinus -Ulmus-Tilia. وبشكل عام عادت الغابات إلى مساحات واسعة في أوروبا ، حيث انتشرت الغابات الصنوبرية المتنوعة الأشجار حول بحر الشمال والبحر البلطي، بينما وجدت غابات من شجر البلوط و horn beam في شمال ايطاليا ويوغسلافيا وألبانيا.

طبيعة الفترات ما بين الجليدية Interglacials:

من خلال نتائج دراسة حبوب اللقاح والطرق الأخرى ، يمكن القول بشكل عام أن الفترات ما بين الجليدية كانت تشبه في مناخها ونباتها وحيوانها وأشكال السطح ظروف الهولوسين التي نعيشها اليوم . ويبدو أن هذه الفترات قد إختلفت في أطوالها ، ويرى Butzer (١٩٧٥) أن الفترات الدافئة خلال ٨٠٠٠٠٠ سنة الماضية تراوحت في أطوالها بين ٢٣٠٠٠ و ٧٣٠٠٠ سنة . ويختلف معه في هذا الرأي ما تراه لجنة برنامج بحوث الغلاف الجوى للأرض Global Atmospheric Research group بالولايات المتحدة (١٩٧٥) من أن الفترة الدافئة (ما بين الجليد) التي تبعت الفترات الجليدية التي يبلغ طولها ١٠٠٠٠ ± ٢٠٠٠ سنة . وأيا كان طول هذه الفترات فهذا يرجع أساسا" إذا ما كان البحث يؤمن بفكرة البليستوسين الطويل أو البليستوسين القصير ؛ فمن أهم خصائص الفترات ما بين الجليدية أنها شهدت تراجع وذوبان الغطاءات الجليدية وزحف الغابات لتحل محل حشائش التندرا في تلك المناطق التي تتميز بمناخ معتدل في نصف الكرة الشمالي (شكل ٢-١٥) كما ظهرت الأشجار علي مناسيب مرتفعة وعند دوائر عرض عليا كذلك (شكل ٢-١٢) .

ويبدو أن درجات الحرارة التي سادت خلال بعض أو معظم الفترات الغير جليدية كانت أعلي بقليل مما هي عليه الأن ويمكن أن تكون مشابهة لدرجة حرارة المناخ الأمثل الهولوسيني وخلال آخر فترة غيرجليدية (Sangamon) علي سبيل المثال ؛ كانت أجزاء واسعة من أمريكا الشمالية مغطاة بغابات نفضية تشبه الوقت الحالي ورغم هذا فقرب تورنتو بكندا وجدت حبوب لقاح لشجرة الصمغ الحلو (Sweet Gum) التي تشير إلي أن درجة الحرارة كانت أعلي بحوالي ٢-٣°م مما هي علية الأن في نفس المنطقة . وفي فترة هولستين Holstein غير الجليدية .



شكل (٢ – ١٥) الجغرافيا القديمة لشمال أوربا خلال آخر فترة ما بين جليدية (after Gerasimov , 1969)

وفي كل من بولندا وروسيا يشير وجود بعض أنواع الحيوانات والنباتات إلي درجات حرارة أعلي من الوقت الحالي كذلك .كما أنة في فترة هوتنج Hotting بين الجليدية تشير النباتات إلي درجات حرارة أعلي مما هي علية الآن بحوالي ٣مْ . ويبدو أن الغابات شبة المدارية إنتشرت علي نطاق أوسع في كل من إيطاليا والبلقان والقوقاز مما يدل علي أن الظروف المناخية كانت أكثر رطوبة كذلك .

وفيما يلي عرض للتتابع العام للتطور النباتي خلال الفترات بين الجلدية كما رآه Turner &West (١٩٦٨) :

أ - **المرحلة الأولي** : تحسن مناخي بعد ظروف جليدية بحتة . ويمكن أن نطلق عليها منطقة شبة معتدلة Pre- Temperate zone ، تمتاز بتطور نباتات الغابات مع سيادة الأنواع الشمالية مثل البتولا والصنوبر Petula & Pinus ، كذلك الحشائش والشجيرات ، كما كانت هناك بعض بقايا أواخر الفترة الجليدية مثل Juniperus & Salix

ب- **المرحلة الثانية** : وتسمي المنطقة المعتدلة المبكرة والتي شهدت ظهور امتداد غابات البلوط مع شجر الظل مثل Quercus، Carylus، Fraxinus، Ulmus . وكانت التربة في حالة جيدة خصبة غير حمضية مما أدي إلي كثافة الغطاء النباتي .

ج- **المرحلة الثالثة** : المنطقة المعتدلة الأخيرة وفيها بدأ ظهور الأشجار المعتدلة خاصه Carpinus ، Abis وأحياناً Picea وكان هذا علي حساب زوال تدريجي لغابات البلوط ، وقد يرجع هذا التغير إلي تدهور خصوبة التربة وزيادة حمضيتها .

د- **المرحلة الرابعة** : وتسمي ما بعد المعتدلة وهي مؤشر علي التدهور المناخي وقلة النباتات الدافئة وأمتداد الأراضي البور ، كما قل سمك الغابات و انقرضت أشجار الغابات المعتدلة وعادت أشجار الغابات الشمالية مثل Picea , Pinsu , Bitula

هذا التتابع العام ، بينما يمكن تطبيقه علي الفترات ما بين الجليدية الرئيسية بشكل عام فإنة يختلف من فترة لأخرى ، فربما كان هناك إختلاف مناخي بين الفترات المختلفة وكذلك حواجز مختلفة أمام هجرة النباتات كما تتباين المسافات الفاصلة بين الأماكن المختلفة والملاجيء الجليدية والتي إنتشرت منها الفصائل النباتية ، كما أن هناك تغيرات في الظروف الأيكولوجية وتنوع في

النباتات وإختلافات أخري مترتبة علي التطور أو الأنقراض . (West،١٩٧٢)

وثمة سؤال وثيق الصلة بالموضوع عن التتابع النباتي في الفترات ما بين الجليدية ، وهو : ما هي معدلات السرعة التي كانت تتقدم بها الأشجار ؟ . . في السويد ، يبدو أنة في الفترة ما بين الجليدية الهولوسينية تقدمت شجرة Scots pine، Pubescent birch بمعدل ٢٠٥ – ٦٠ متر سنويا" وتقدمت شجرة Alder بمعدل ١٩٠ متر و Hazel بمعدل ١٣٠– ١٩٠ متر سنويا" . ويبدو أن المعدل العام للأشجار ذات البذور الخفيفة الوزن كان حوالي ٢٠٠ متر وإنخفض إلي ١٦٠ متر للأشجار ذات البذور الثقيلة الوزن مثل Hazel والبلوط . وعلي هذا الأساس يمكن القول أن الأشجار في نهاية الجليد تقدمت حوالي ١ كم كل خمس سنوات أو ١٠٠٠ كم في كل ٥٠٠٠ سنة .

ولاشك أن معدلات التغير ستختلف بين كل من المناخ ، والجليد والنبات (شكل ٢–١٦) . فالغطاءات الجليدية تستجيب للتغير المناخي بمعدل بطيء نسبيا" نظرا" لضخامة حجمها ولأنها تتحكم جزئيا" في المناخ الإقليمي . فتراجع الجليد في جرينلند كان بمعدل ٣ كم /١٠٠ سنة وهذا أقل بكثير من معدلات تقدم النبات التي سبق ذكرها ، وكذلك الحال بالنسبة للحيوانات التي تتقدم بمعدلات أسرع .

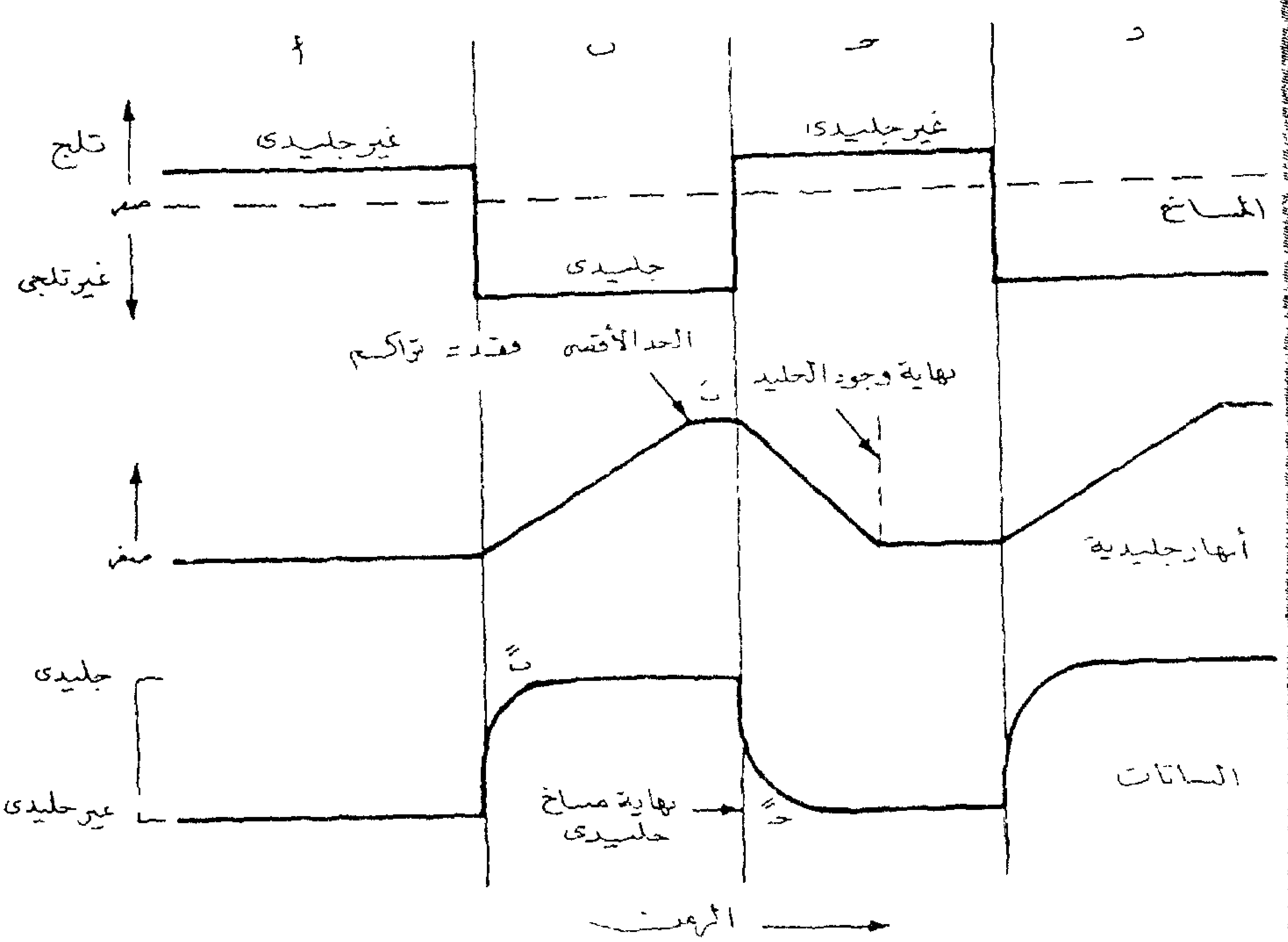
إختلاف فترات ما بين الجليد فى بريطانيا عنها فى أوربا :

تتكون غابات الفترات ما بين الجليدية المبكرة في بريطانيا Antian, Ludhamian (راجع جدول ٢–٤ لمعرفة موقع هذة الفترات بالنسبه للتتابع المحلي في بريطانيا) من خليط من غابات Coniferous والنفضيه Deciduous مع Weingnut hemlock ومثل هذا التجمع يختلف عما نراه في أي فترة تالية في بريطانيا وقد أدت شدة البرودة في فترة Baven-tian الجليدية إلي إنقراض شجرة Hemlock من بريطانيا رغم أنها مازالت باقيه ضمن نباتات أمريكا الشمالية حتي وقتنا الحاضر . وفي شمال أوراسيا يبدو أن بعض نباتات البليستوسين لم تظهر مره ثانية بعد البرد القارس البليوسيني الأول رغم أنها وجدت في مرحلة Tiglian (Lud hamian) . هذة النباتات Sequoia ، Taxodium , ''lyptostrobus

وأنواع أخـري . ولهـذا يمكن Liquidambar ، Fagus ، *Liriodendron, Nyssa* القول أن النباتات تدهورت في بريطانيا نتيجة لأقتراب الفترات الجليدية الأولي في البليستوسين . (West ,1972)

أما بالنسبه لنباتات الفتره ما بين الجليدية الأخيره في بريطانيا نجد أن غابات أشجار Cromer التي وجدت خلال فترة Cromerian ما بين الجليدية علي شاطيء نورفولك Norfolk تشبة النباتات البريطانيه المعاصرة إلي حد كبير ومن Betula, Ulmus, Carpinus, (Fagus) Beech , Quercus (Taxus) Yew (Corylus) Hazel وفي فترة هكسونيان ما بين الجليدية يظهر في قطاع حبوب اللقاح عدد كبير من Hippohae عند بداية التتابع ثم Corylus, Ulmus وفي وقت متأخر كما توجد Azolla Filiculoides, Abies . كما يوجد في أيرلندا مواد لها نفس العمر تحوي نسبة عالية من دائمات الخضرة (مثال ذلك Ilex , Rhododendron, Taxus, Abies, picea, Baxus . كما تحوي هذه المواد كذلك بعض عينات أيبيرية مثل (Erica mackainana) Mackay's heath, (cantabrica Daboecia) ST. Dabeoc's heath, Erica Scoparia وإن كان الأثنان الأخران محدودا التوزيع في جبال كنتبريان . وعلي النقيض من هذا يبدو أن فترة Ipswichian التالية سادتها ظروف أكثر قارية حيث تشيع Corylus في الجزء الأول منها ثم Acer بأعداد وفيرة كما وجدت Corpinus ولكن ندرت Tilia في الجزء الثاني من هذة الفترة . وتحوي معظم مواقع هذه الفترة عددا من نباتات لا توجد في الوقت الحاضر مثل Salvinia natns , Xanthium , Tropa natans , Pyracanthcoccinea Lemna minor , Acer monspessulanum Nagas mino , مما يشير إلي أن الظروف كانت أدفأ مما كانت علية خلال التحسن المناخي الهولوسيني (West , 1972) .

وفي الأجزاء الأكثر قارية من أوروبا كان هناك تعديل طفيف في مجموعات نباتات الفترات ما بين الجليدية وإن كان التتابع العام متشابها" . ففي مرحلة لخفن Likhvin (هولستين) في الإتحاد السوفيتي علي سبيل المثال كما نري في نموذج Turner & West ، تميزت المرحلة الأولي بوجود الكثير من Picea , Pinus , Betula , Salix وكانت تشكل ١٪ فقط أو أقل من



شكل (٢- ١٦) منحنيات الاستجابة المختلفة، مع مرور الزمن لكل من المناخ والأنهار الجليدية والنباتات (after Bryson and wendland , in Andrews , 1975)

جدول ٢-٦

الأسماء العلمية للنباتات ما بين الجليدية

الإسم العلمي	الإسم الشائع
Abies	Fir
Acer	Maple
Alnus	Alder
Azolla	Water fern
Buxus	Box
Carpinus	Horn beam
Corylus	Hazel
Erica	Heath
Fagus	Beech
Fraxinus	Ash
Juglans	Walnut
Juniperus	Juniper
Lemna minor	Duckweed
Liquidamber	Sweet gum
Liriodendrom	Tulip tree
Osmunda claytonia	Fern
Picea	Spruce
Pinus	Pine
Pterocarya	Wingnut
Quercus	Oak
Salix	Willow
Sequoia	Sequoia
Taxus	Yew
Tilia	Lime
Trapa natans	Water chesnut
Tsuga	Hemlock
Ulmus	Elm
Vitis	Vine creeper
Cocklebur	Xanthium

مجموعة النباتات (Ananova . 1967) . هذه المرحلة من غابات birch . Pine . birch أستبدلت ب Spruce - Pine . Pineمع سيادة Picea . Pinus مع Betula مكونة حوالي ٥- ١٠٪ من مجموع حبوب اللقاح ، كما وجدت حبوب لقاح Alnus بنسبة ثابتة تبلغ ١٥٪ . هذه الغابة الصنوبرية أستبدلت بمجموعة من الأشجار ذات الأوراق العريضة . alder - thicket مع سيادة Picea excelsa في الشرق Pinus Sylvestris في الغرب ، حيث شكلا حوالي ٤٠ - ٦٠ ٪ من المجموع وشكل Alnus ٢٥ - ٤٠ ٪ . Quercrtum mixtum (بلوط مختلط) حوالي ١٠ ٪ . فبينما ندرت أشجار Abies ، وفي المرحلة الثانية شكل Abies أحيانا ٣٠ ٪ كما شكلت Carpinusحوالي٢٠ - ٣٠ ٪ في بعض القطاعات وإن كانت الصنبوريات ما زالت سائدة . تبع ذلك عودة نحو النباتات الشمالية ، وفي نهاية الفترة ما بين الجليدية قلت الأشجار مع دوام وجود نباتات مختلفة مفتوحة . Artemisia . Cyperaceae) Poaceae (ووصلت نباتات شبه جليدية . ورغم أن هذا التتابع يمكن مضاهاتة بتتابع غرب أوربا فهناك بعض العناصر المفقودة في شمال وشرق أوربا منها Carpinus orientalis . Abies alba . Juglans regia. Pterocarya . Vitis . Osmunda claytoniana . tilia tormentosa . Taxus . Buxus .

ويمكن التعرف علي الصورة العامة لأوربا خلال الفترة الجليدية الأخيرة من خلال شكل ٢- ١٥ الذي يعرض الخصائص النباتية للفترة بين الجليدية بما في ذلك الإمتداد الهائل لغابات الأوراق العريضة . كما يعرض كيفية تشكيل القارة وإقليم بحر البلطيق اللذان تأثرا بإرتفاع سطح البحر علي مستوي العالم والذي صحب ذوبان الغطاءات الجليدية ويوضح شكل ٢-٩ طبيعة أوربا خلال الفترة الجليدية الأخيرة .

وفي جنوب أوربا يبدو أن الفترات الجليدية صحبتها ظروف رطبة moister ، عكس الفترات الجليدية التي كانت جافة بشكل أساسي . وقد أوضحت دراسات لحبوب اللقاح القديم في جنوب أسبانيا ومنها علي سبيل المثال Florschutz . etal (١٩٧٤) ، أنه بدلا من نباتات شبه الإستبس التي تميزت بها الفترات الجليدية ، تميزت الفترات ما بين الجليدية بمجموعة من النباتات الأكثر رطوبة ومنها Cerdus . Tsuga . Quercus Pubesens . Juglans . Fagos

التذبذبات الحيوانية والنباتية :

أدت التغيرات البيئية البليستوسينية إلي جدب impoverishment نباتي شديد خاصة في الجزر التي أصابها الجليد . وقد أشار البعض منهم وعلي سبيل المثال ، (Pennington,1969) إلي « أن الفقر النسبي في النباتات البريطانية مقارنة بقارة أوربا علي نفس خطوط العرض ، يرجع إلي الإزالة المتكررة للنباتات الحساسة للصقيع مع تكرار الفترات الجليدية خلال المليون سنة الأخيرة . وبعد كل فترة جليدية ومع زوال النباتات بالجملة من بريطانيا هاجرت النباتات والحيوانات نحو الشمال عند أقدام الجليد المتراجع مع قدوم نماذج شديدة المقاومة استطاعت البقاء لتعيد توطين النباتات والحيوانات البريطانية » .

وفي أيرلندا يبدو الموقف أكثر تعقيداً خاصة فيما يتعلق بالحياة الحيوانية ، ويبدو أن الجليد وتذبذبات سطح البحر أثرت إلي حد كبير في تحديد أنواع الحيوانات الموجود حالياً في الجزيرة . وفي الوقت الحاضر لا يوجد في أيرلندا بعض الحيوانات التي توجد في إنجلترا وويلز ومنها الأفعي السامة Poisonous adder والخلد Cpmmon shrew, mole [1] وابن عرس والزغبة dormouse [2] والأرنب البري البني والفأر الحقلي أصفر الرقبة وفأرة المروج الإنجليزية وأنواع أخري . ورغم هذا فهناك عدد كبير من الحيوانات الإنجليزية . وتفسير هذا أنه عندما تراجعت الغطاءات الجليدية ، عبرت حيوانات من القارة من التندرا غير الجليدية في جنوب إنجلترا إلي أيرلندا عبر ممر بري ظهر نتيجة إنخفاض مستوي سطح البحر . وبحلول مرحلة Bo-real التي حلت بعد الجليد منذ ٩٥٠٠ سنة وعندما بدأ المناخ في التحسن بحيث سمح بهجرة بعض كائنات البيئات الدافئة لم تستطع الكثير من هذه الكائنات العبور إلي أيرلندا نظراً لإختفاء الممر البري .

ومثال آخر عن الدور الذي لعبته أحداث ما بعد الجليد والجليد المتأخر في خلق النمط الحالي للحيوانات نراه في توزيع الطيور في قارة أمريكا الشمالية (Megel , 1970) ، ففي أواخر مرحلة وسكنسن الجليدية التي وصلت أوجها منذ حوالي ١٨٠٠٠ – ٢٠٠٠٠ سنة كانت الأجزاء الشمالية من جبال روكي مغطاة بجليد الكوردليرا Cordilleran ice ، بينما إلي الشرق

---

(١) من أكلات الحشرات ويشبه الفأر (٢) من القوارض ويشبه السنجاب

كانت الأراضي المنخفضة مغطاة بغطاء جليد لورانتايد laurentide واندمج الإ ثنان عند أقدام جبال روكي في ألبرتا وكولومبيا البريطانية وفي يوكون Yukon . وهناك ما يدل علي أنه عندما بدأ هذان الغطاءان في الإنكماش في أواخر الجليد امتد ذراع طويل من التذدرا ثم التاييجا ليغطي الأراضي المنخفضة من جنوب البرتا حتي دلتا نهر ماكنزي . ويساعد الإتجاه الشمالي الغربي - الجنوبي الشرقي لهذا الذراع في تفسير تواجد وتوزيع الطيور الأمريكية وحيوانات أخري ، والتي استطاعت أن تكيف نفسها لظروف التاييجا والمراحل التالية لتتواجد في الشمال الغربي أو أقرب ما يكون إلي الاسكا عند الأنتشار الظاهري apparent expense للأنواع الغربية التي كيفت نفسها مع الغابات الصنوبرية .

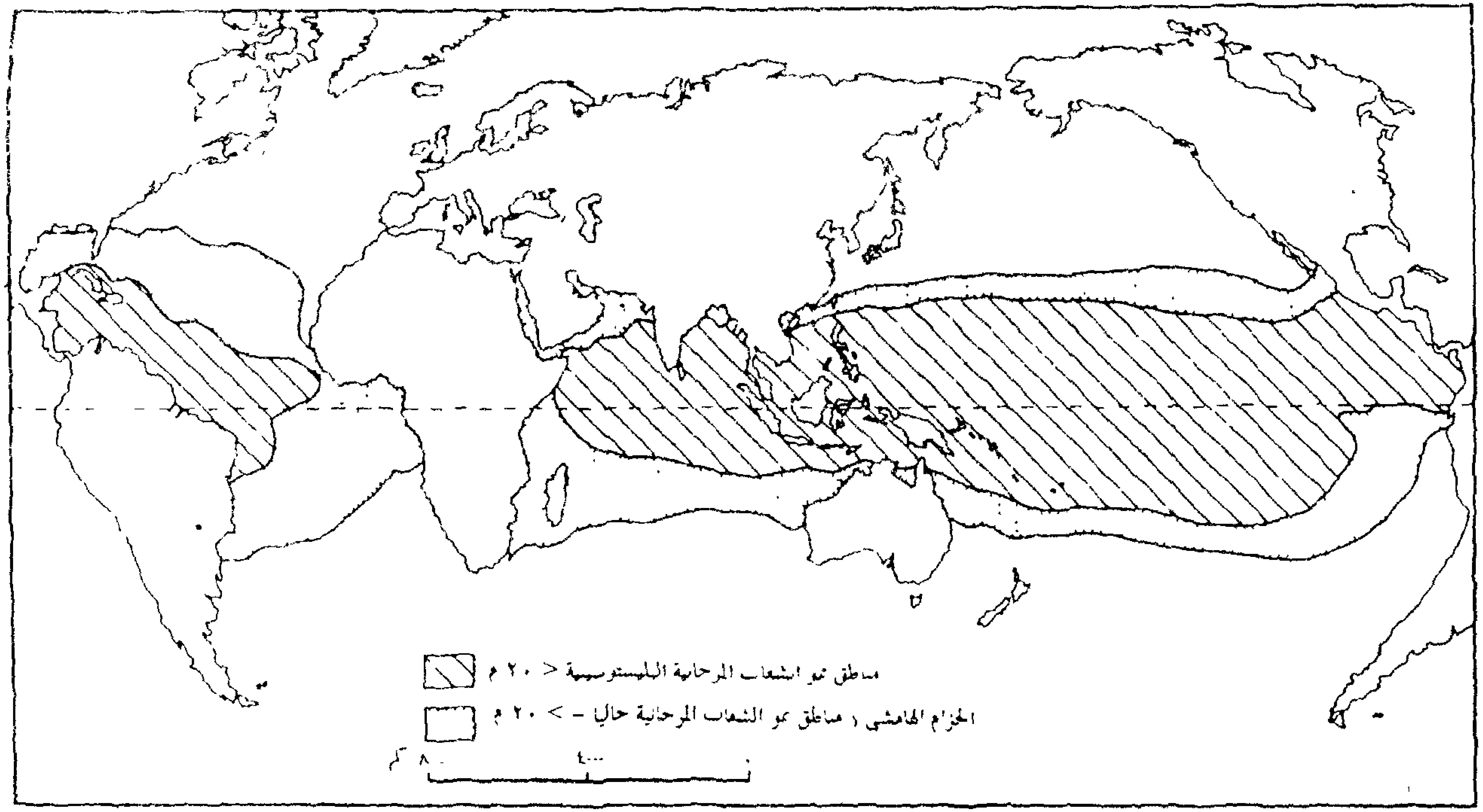
ويبدو من هذا التفسير أن الأنواع الغربية لم تستطع الوصول نتيجة وجود غطاء كوردليرا بينما سمحت للأنواع الشرقية أن تصل أولاً ولتملأ المنطقة وإستمر هذا الموقف منذ ذلك الوقت .

ومن الأهمية بمكان أن نعرف ، إلي أي حد استطاعت الحيوانات الحالية أن تقاوم لتبقي في المناطق التي غطاها الجليد ؟ فهناك من الباحثين من يؤكد أن كل الحيوانات ، في أيسلنده علي سبيل المثال وصلت إلي أيسلنده فيما بعد الجليد عن طريق الإنتشار difussion . وثمة رأي أخر يري أن بعض الحيوانات استطاعت أن تبقي علي القمم المرتفعة التي لم تتأثر بالجليد (Gjaeve-roll , 1973) . ويعتقد أخرون أنه في بعض المناطق الساحلية المفضلة Favoured كانت هناك ملاجئ صغيرة استطاعت أن تعيش فيها بعض النباتات القوية hardy flora خلال الفترة الجليدية . والرأيان الأخيران يشملان مفهوم المقاومة overvintring لبعض علماء النبات الأسكندنافيين وأن هذه المقاومة ممكنة، ويؤكد هذا وجود نباتات في الوقت الحاضر علي قمم جرينلاند . ومما يؤكد هذا كذلك ما توصل اليه بعض الجيومورفولوجيون الأسكندنافيون والأيرلنديون من أن هناك ملاجئ nunatacks , refugia ,كما أن وجود (Felsenmeer) blockfled وظواهر أخري شبه جليدية أكثر منها جليدية فوق القمم المرتفعة . وفي أيسلنده نجد أن التوزيع الحالي للنباتات ثنائي أو متعدد المراكز وهذا يعضد فكرة الأنتشار من ملاجئ داخلية أكثر من فكرة إنقراض النباتات كلها وحل محلها هجرات عبر البحار . وإذا كانت الهجرات بعد البليوسين مسؤولة عن وصول هذه النباتات فمن المتوقع أن تكون أكثر أنتشاراً . وفي بريطانيا

هناك من يري أن بعض القمم بقيت مرتفعة فوق الجليد ومنها تلال كابفلاند وسلسلة جبال الذين

و مع إدراكنا لأهمية الممرات الأرضية فلا يجب أن نبالغ في الدور الذي احبته رغم أن انخفاض مستوي سطح البحر بحوالي ١٥٠ مترا أدي الي كشف مساحات كبيرة من الرصيف القاري ، فاتصلت بعض الجزر ببعضها أو اتصلت باليابس القاري المجاور ، فعلي سبيل المثال اتصلت مالطة مع صقلية و كابري مع ايطاليا و جزر البليار و الجزر الأيونية و من المحتمل تونس مع إيطاليا . و ان كانت هناك بعض الجزر التي بقيت معزولة و مازالت حيواناتها حتي اليوم نشير الي التوطن . ويمكن توضيح هذة الحقيقة من خلال دراسة مثال جزر الفلبين ، فتجمع جزر النجرو Negros و باني Panay و مازبيت Masbate و يؤدي الي تجمع Visaya الذي يحيط به رصيف غارق يبلغ عمقة ٩٨ مترا و قد نتج عن ذلك وجود ٣٢ نوعا من الطيور غير المهاجرة علي مجموعة جزر فيزايا Visaya و التي لا توجد علي Cebu. و يبدو أن مستوي سطح البحر بين الجزر الثلاث كان منخفضا بحيث سمح بالانتقال فيما بينها بينما كان أعمق بين الجزر الثلاث و Cebu فلم يسمح بانتقال هذة الطيور (Deevey, 1949) .

و في جهات أخري من جنوب شرق آسيا يظهر أثر ارتفاع و انخفاض مستوي سطح البحر مدهشا . فقد أدي انخفاض مستوي سطح البحر أثناء الجليد الي جفاف معظم منطقة Sunda و التي تتكون من ماليزيا و بورنيو و جاوا و سومطره ولهذا اتصلت هذه الجزر و أشباه الجزر و تحول مايربو علي ثلاثة مليون كم٢ من البحار الدافئة الي يابس (Verstappen, 1975) و قد سمح هذا الوضع لكثير من الحيوانات لتنتقل من اليابس الآسيوي بما في ذلك الحيوانات الهندية و الصينية و حيوانات جزر سوندا اليوم ما هي إلا سلالات فقيرة من تلك التي توجد علي القارة الآسيوية مع بعض أجناس محلية من الفيل و الببر و النمر و الكلب الهندي . ومن المحتمل كذلك ان انخفاض مستوي سطح البحر سمح للإنسان القديم بالوصول الي جاوا منذ حوالي مليون سنة . علي الجانب الآخر نجد أن جزر سوندا يفصلها عن غينيا الجديدة و أستراليا و رصيف Sahul مياه عميقة ويبدو ان مستوي سطح البحر في البليستوسين لم يهبط بما فيه الكفاية ليسمح باتصال هذة المجموعة من الجزر ، ولهذا شكل هنا المانع المائي و احدا من اهم الحواجز الحيوانية .



شكل (٢ - ١٧) مناطق احتمال تواجد الشعاب المرجانية خلال البليوستوسين حيث أخذ خط الحرارة المتساوي ٢٠ درجة مئوية كحد مؤثر لتكوين الشعاب عن Stoddart, 1973.

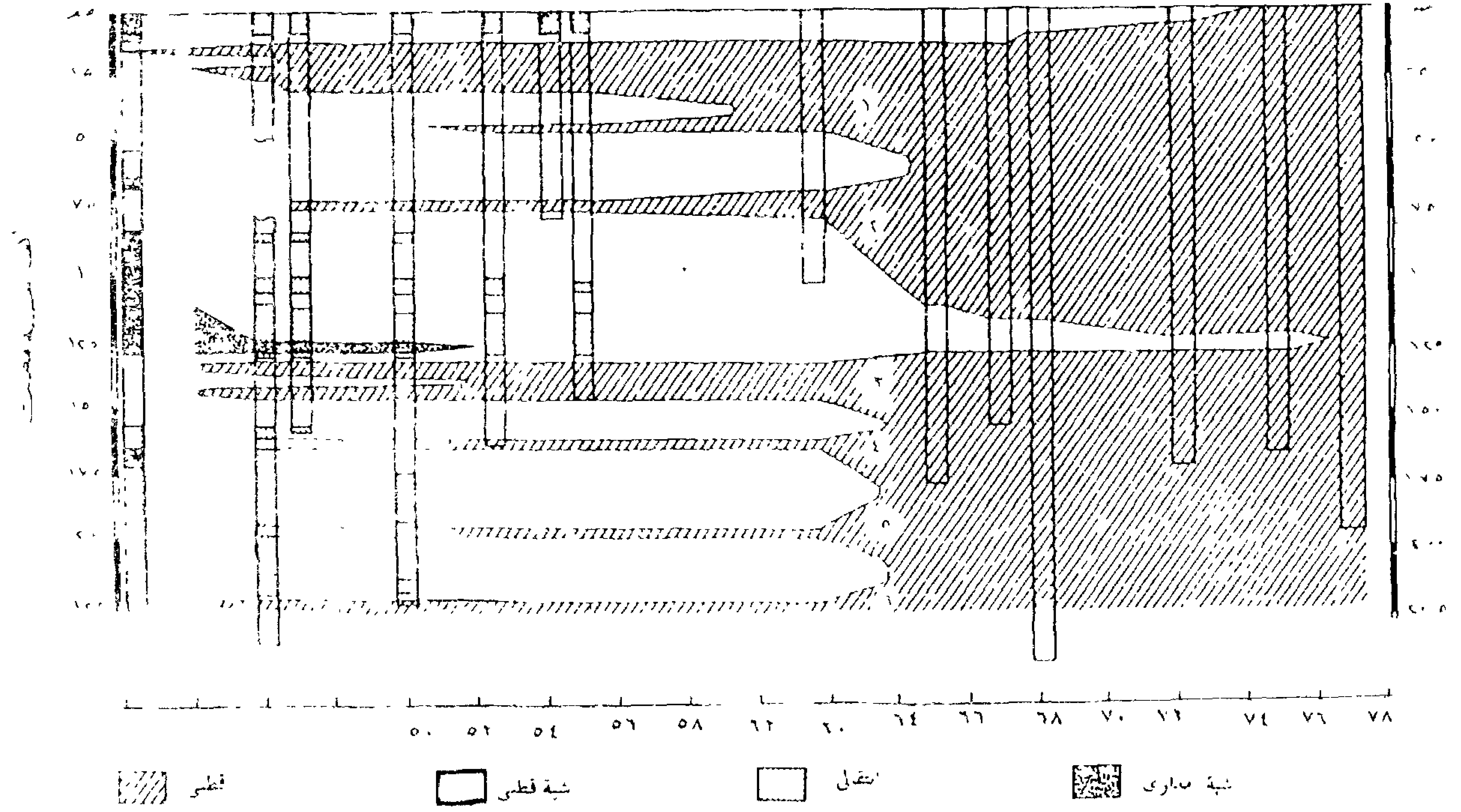
و علي النقيض من رصيدا سوند ا، تعتبر حيوانات رصيف shoul ذات الجراب من أصل استرالي مثل الكانجرو ، Wallabies و الومبيت Wombats[1] و الكوال Koalas ، و فيما بين هذين الرصيفين هناك جزر سليبس Celebes التي يبدو انها كانت منفصلة عن كلا الرصيفين لفترة طويلة و لذا لا توجد بها الكثير من أنواع الحيوانات .

و لا شك فإن انخفاض درجة حرارة المحيطات بما يتراوح بين : ٣ - ٨ درجة مئوية خلال الفترات الباردة في البليستوسين أثر كذلك علي توزيع الحياة البحرية ، و لعل دراسة الشعاب المرجانية توضح هذه الحقيقة (شكل ٢-١٧) . فالشعاب المرجانية تنمو في الوقت الحاضر في المياه التي تبلغ درجة حرارتها ٢٠ درجةتقريبا (Stoddart , 1973) وبحساب قيمة الانخفاض في درجة الحرارة في كل المحيطات علي اساس الملاحظات الحرارية القديمة يمكن رسم خريطة تقريبية لانتشار المرجانيات في البليستوسين ، ومنها يمكن تبين مدي الانكماش الذي حدث للمرجانيات . و لابد أن الكثير من هذه المرجانيات قد تعرض للموت لانخفاض درجة الحرارة كما ازداد الموقف سوءا بالنسبة للمرجانيات مع انخفاض مستوي سطح البحر خلال الفترات الجليدية .

و بالمثل فإن هجرة مياه القطب من الشمال الي الجنوب في شمال الأطلسى تأثرت بالدورات الجليدية الرئيسية كما يوضحها شكل ٢-١٨ و يظهر في هذا الشكل ١٤ عينة لبية بحرية عميقة في شرق شمال الأطلنطي . والحد بين الحفريات القطبية و مجموعة الحفريات ما دون القطبية يعكس موقع الجبهة القطبية المحيطية ، ففي أوج هذة الفترة الجليدية منذ حوالي ١٨٠٠٠ سنة كانت هذة الجبهة إلي الجنوب منها بحوالي ٢٠ درجة ، و في أوج الفترة ما بين الجليدية أي منذ حوالي ١٢٥٠٠٠ سنة كانت في موقع قريب من موقعها الحالي .

---

(١) من الجرابيات و يشبه الدب الصغير .



شكل (٢ - ١٨) الهجرة الشمالية-الجنوبية للمياه القطبية خلال ٢٢٥ الف سنة الماضية والتى إستدل عليها من دراسة العينات اللبية لقيعان البحار العميقة وتشير الارقام من ١ - ٦ إلى أقل كمية من كربونات الكالسيوم

(after U.S committee for the Global Atmospheric Research Program, 1975, A 25)

قراءات مختاره :

لأن تاريخ التعاقب وطبيعة البليستوسين من الأشياء المعقدة جدا، لذا يكون من الأفضل أن نرجع إلى الكتابات الاقليمية .ورغم هذا فهناك محاولات لوضع اطار عام لعمليات التأريخ والمضاهاة فى البليستوسين منها :

Evans, P. (1971) Towards a Plistocene time - scale, The phanero- - zoic time - scale - A Supplement, part 2, 123 - 356 .

Shotton, F.W. (1966) Problems and contributions of methods of - absolute dating withim the Pleistocene period, Quarterly Journal of the Geological Society, 122, 957 - 83 .

وهناك محاولة مفيدة فى تحليل الآراء المتضاربة عن طبيعة البليستوسين وهى :

Cooke, H. B. S. (1973) Pleistocene chronology : long or short? Quaternary Research 3, 206 - 20 .

وقد عالج West البليستوسين فى بريطانيا فى عدد من المقالات والكتب المفيدة ومنها :

Pliestocene geology and biology (1972) . -

Problems of the British Quaternary, in the Proceedings Geologists, Association of London, (1963), 74, 174 - 86.

كما شارك بجزء فى مجموعة المقالات التى حررها K. Rankama (1965 و 1976) بعنوان الزمن الرابع والتى جمعت معلومات كثيرة عن البليستوسين فى البلدان الأوربية الكبيرة .

وهناك دراسات محلية عن الزمن الرابع فى بريطانيا منها :

Tomlinson, M.E. (1963) The Pliestocene chronology of the Midlands, in the proceedings Geologists Association 74, 187 - 202.

Penny, L. F. (1964) A review of the last glaciation in Great Britain, in the Proceedings of Yorkshire Geological Society 34, 387 - 411 .

وهناك دراسة بيئية عريضة عن طبيعة سطح الأرض فى بريطانيا خلال تذبذبات الزمن الرابع :

Shotton, F.W. (1962) The physical background of Britain in the

Pliestocene, Advancement of Science 19, 193 - 206 .

والدراسة الآتية من المحاولات الجيدة لمحاولة الربط الاقليمى :

Mitchell, G. F. ; Penny, L. F., Shotton, F. W., and West, R. G. - (1973) A correlation of Quaternary deposits in the British Isles, Geological Society of London Special Report 4, 99 pp.

ثم هناك دراسات عن الزمن الرابع فى أوربا بالإضافة إلى العرض الذى قام به Rankama والذى سبق الاشارة إليه :

Kaiser, K. (1969) The Climate of Europe during the Quaternary - Ice age, in Quaternary geology and climate (ed.) H.E. Wright, pp. 10 - 37,

Segota, T. (1966) Quaternary temperature changes in Central Europe, Erd kunde 20, 110, 118 .

Wright, H.E. (1961) Late Pliestocene climate of Europe : a review, Bulletin Geological Society of America 72, 933 - 84.

ونوقش البليستوسين فى أمريكا الشمالية فى عدد كبير من المقالات حررها H.E. Wright , D.G. Frey

The Quaternary of the U. S. A. (1965) .

أما عن السهول العظمى فهناك دراسة تفصيلية حررها

Dort, W. and Jones, J. K. (1970) Pliestocene and Recent Environments of the central Great Plains .

وتوجد العديد من المقالات كثير منها يعالج الزمن الرابع فى الولايات المتحدة تظهر فى مجلد بعنوان

Quaternary Paleo - ecology, E.J. Cushing and H. E. Wright (1967) (Yale U.P)

وان كانت معظم الدراسات المذكورة أعلاه قد تعرضت لدراسة التغيرات النباتية فى البليستوسين فالمقالات الاتية تعطى معلومات إضافية ذات قيمة عامة، ومنها

Frenzel, B. (1968) The Pleistocene Vegetation of northern Eur-

asia, Science history of the British Isles, (Cambridge, U.P.)

Turner, C. and West, R.G. (1968) The Subdivisions and Zonation - of interglacial Periods, Eiszeitalter and Gegenwart 19, 93 - 101 .

Leopold, E. B. (1967) Late Cenozoic Patterns of plant extinction, - in P. Martin and H. E. Wright (eds), Pliestocene extinctions 203 - 46 .

وهناك معالجة عامة عن التغيرات الحيوانية البليستوسينية عرضها وصورها Kurten, B. (1973) بعنوان The Ice age.

ومن الأعمال البسيطة وسهلة القراءة عن البليستوسين في بريطانيا وتتضمن فصلا مفيدا عن آخر فترة دفيئة :

Sparks, B. W. and West, R.G (1972) The Ice age in Britain . -

وأخيرا فهناك حشد كبير من الأعمال التي جمعت في مجلد كبير عن التطورات الجديدة في الأفكار الخاصة بالمناخ القديم والأنثروبولوجيا في أواسط البليستوسين قام بتحريرها Butzer, K. W and Issac, G.L (1975)

الفصل الثالث

أحداث البليستوسين
في المناطق المدارية وشبه المدارية

أثناء تقدم الجليد البايستوسيني كان أكثر من نصف مساحة العالم والتي يمكن أن يعيش عليها الإنسان مثلما نعرفه اليوم بإفريقيا وأوربا صغير المساحة بارداً وهامشياً .
J.D.Clark(1975,P.180)

الفترات الجافة في البليستوسين :

أدت الأحداث التي تسببت في تقدم وإنكماش الغطاءات الجليدية خلال البليستوسين إلي تغيرات بيئية رئيسية في نطاق العروض الدنيا . كما تبدلت مواقع النطاقات النباتية الرئيسية أيضاً وكان من أهم نتائج هذه التغيرات تزحزح حدود أعظم الصحاري الرملية في المناطق المدارية وشبه المدارية .

ولعل من أكثر الطرق قبولاً لتقدير الإمتداد السابق للمناطق الصحراوية خلال المراحل شبه المطيرة أو الجافة في البليستوسين ، هو دراسة التوزيع السابق لحقول الكثبان الرملية الرئيسية في المناطق المدارية وشبه المدارية التي يستدل عليها بتوزيع الكثبان القديمة والتي يمكن رؤيتها في أغلب الأحيان علي الصور الجوية أو الفضائية .

وهناك الكثير من الأدلة علي أن هذه الكثبان حفرية أكثر من كونها نشطة ، من هذه الأدلة أثر عمليات التجوية المتعمقة وكثافة اكسيد الحديد ووجود الصلصال والدبال بالإضافة إلي تراكم الكربونات أو السيليكا ووجود النباتات التي عملت علي تثبيت هذه الكثبان وتعمق

مجاري مائية فيها ثم قلة درجة إنحدار واجهة الكثبان بحيث أصبحت أقل من زاوية الإستقرار المتعارف عليها التي عادة ما تكون ٣٢ – ٣٣ درجة . وفي بعض الأحيان يمكن إستخدام الأدله الأثرية التى توضح أن هذه الرواسب الرمليه لم تتقدم بأى معدلات ملحوظة ، كما نجد الكثبان فى مناطق أخرى وقد غمرتها البحيرات وأرسبت رواسب بحيرية فيما بينها وظهرت خطوط السواحل البحرية محفورة على جوانبها .

وفى العاده لا تتحرك الرمال على مساحات واسعة إذا كان هناك غطاء نباتى كثيف وإن كان من المحتمل وجود الكثبان العكسية الصغيرة أكثر من الكثبان السيفية الخطية والكثبان الهلالية . وتشير الدراسات إلي أنه في المناطق التي تتحرك وتتكون فيها الكثبان الرملية، لا يكون الغطاء النباتي ذا تأثير فعال في الحد من حركة الكثبان إلا إذا زاد المعدل السنوي للتساقط عن ١٠٠ – ٢٠٠ مم. وتنطبق هذه المعدلات علي الأراضى الدفيئة غير الساحلية. ويلخص جدول ٣-١ بعض آراء المشتغلين في المناطق الصحراوية الرئيسية حو ل حدود كمية المطر التي تؤثر علي نشاط وتكوين الكثبان الرملية. وفي وقتنا الحاضر يمكن للرعي الجائر والأنشطة البشرية الأخري أن تعمل علي إعادة تنشيط الكثبان رغم تساقط كميات كبيرة من الأمطار، ولنأخذ مثلاً علي ذلك مشكلة صحراء ثار بالهند والتي تكتظ بعدد كبير من السكان.

وعندما نقارن توزيع حقول الكثبان الرملية القديمة بتوزيع الحقول النشطة باستخدام الأدلة السابق ذكرها، يمكن أن نقدر التغيرات الملحوظة التى طرأت علي كل من النبات والمطر في كثير من المناطق المدارية. ويصبح الأمر أكثر غرابة إذا علمنا أن إنخفاض درجات الحرارة أثناء الجليد البليستوسينى أدي إلي خفض معدلات النتح وبذلك زادت الغطاءات النباتية. ويحدث هذا لو أن أي شيئ عمل علي تعطيل حركة الكثبان. ورغم هذا فيبدو أن الكثبان كانت أكثر تحركاً تحت تأثير الرياح التجارية القوية خلال الفترة الجليدية (Parkin and Shackleton,1973).

جدول ٣-١

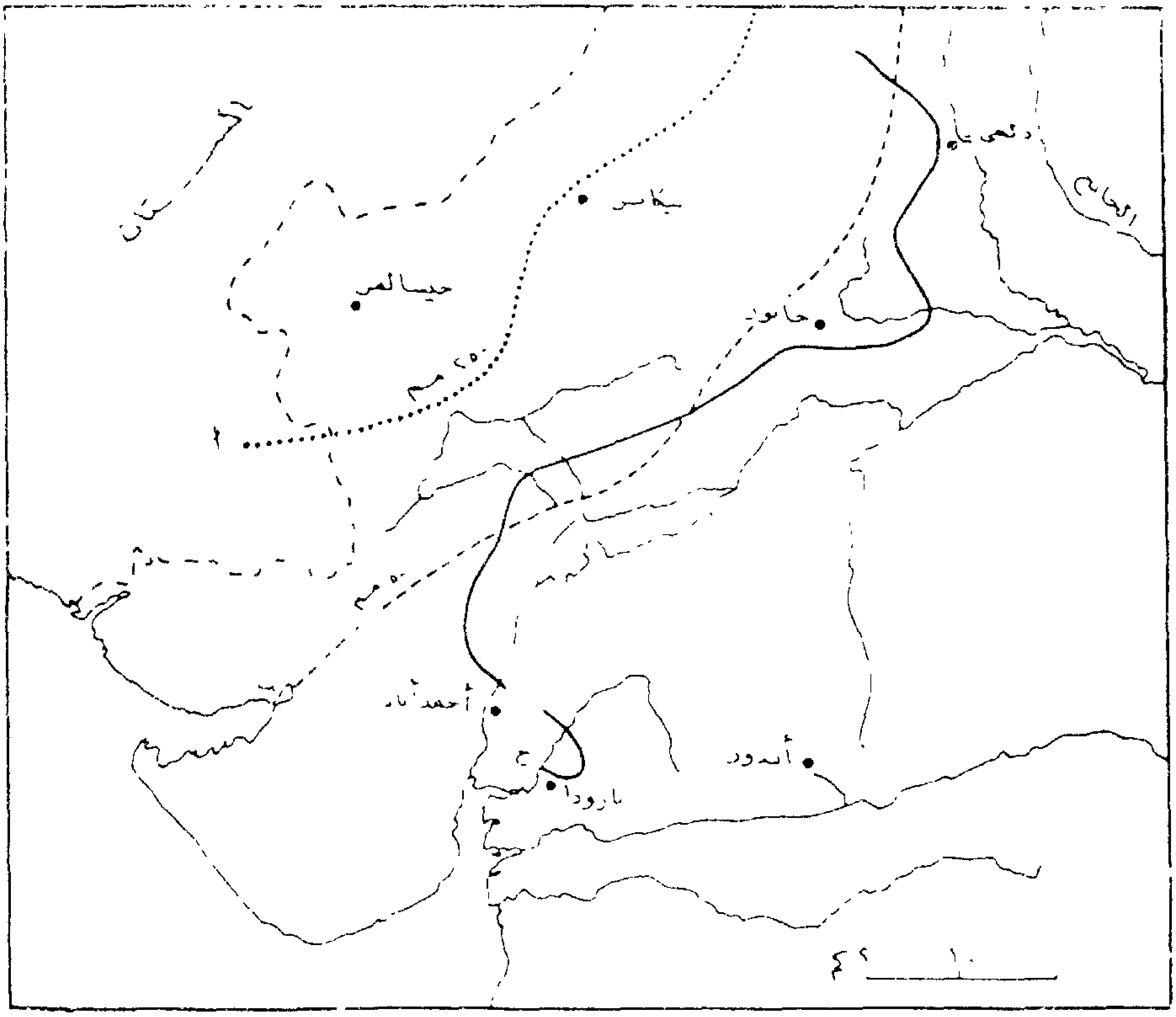
حدود تساقط المطر المؤثر على تكوين الكثبان الرملية

المصدر	الموقع	كمية التساقط الحالى في مناطق الكثبان المتحركه مم	كمية لتساقط الحالى في مناطق الكثبان القديمه مم	زحزحة الكثيب كم
Hack (1941)	أريزونا	٢٥٤-٢٣٨	٣٨٫٠-٣٫٥	-
Grove (1958)	غرب افريقيا	١٥٠	١٠٠٠-٧٥٠	-
Flint and Bond(1968)	روديسيا	٣٠٠	٥٠٠	-
Mabbut (1971)	أستراليا	١٠٠	-	٩٠٠
Goudie et al (1973)	الهند	٢٧٥-٢٠٠	٨٥٠	٣٥٠
Grove & Warren(1968)	السودان	-	-	٤٥٠-٢٠٠
Price(1958)	تكساس	-	-	٣٥٠
Goudie et al. (1973)	جنوب كلهارى	١٧٥	٦٥٠	-
Glassford an Killigigrew(1976)	أستراليا	٢٠٠ >	١٠٠٠ <	٨٠٠

الكثبان الحفرية في شمال الهند :

استطاع بعض الجيولوجيين البريطانيين القدامي الذين عملوا بالمساحة الجيولوجية الهندية أن يتوصلوا إلي أن الكثبان الرملية في شمال الهند ما هي إلا أشكال حفرية .

ففي الثمانينات من القرن الماضي لاحظ W.T.Blanford أن في راجستان الكثير من التلال الرملية المتناهية في القدم، وبغض النظر عن ضآلة كمية الأمطار في الإقليم الصحراوى، فهناك أدلة تشير إلي تأثير النحت في بعض الأجزاء كما تعمقت بعض المجاري المائية فيها. وفيما بعد، أمكن التعرف عل كثبان حفرية في منطقة وادي لاس بيلاس بباكستان



شكل (٣ - ١) الصحارى الرملية الهندية الكبرى فى البليستوسين المتأخر

أ خط مطر ٢٥٠ مم (متوسط سنوى) .
ب خط مطر ٥٠٠ مم (متوسط سنوى)
ج الإمتداد السابق للصحارى الرمليه .

وفى راجستان (Verstapen, 1970) وفي جيوجارات Gujarat يظهر بالكثبان تكلس وأخاديد عميقة وآثار تجوية واضحة، وفي العادة يوجد فوق الكثبان أعداد كبيرة من الأدوات الحجرية الدقيقة، مشيرة بذلك إلي أن حركة الرمال كانت محدودة منذ أن سكن إ نسان الحجري الأوسط هذة المنطقة. هذة الكثبان الحفرية من بينها العكسي parapolic والعرضى و الطولي وكثبان الظل، وتمتد الأن حتي أحمد أباد وبارودا Baroda في الجنوب وحتي دلهي في الشرق (Goudie et al., 1973) (شكل ٣-١) . وتحتل هذة الكثبان مناطق تصل فيها كمية المطر الحالي إلي ٧٥٠ - ٩٠٠ مم. وفي منطقة البحيرة الملحية في سام بهار قرب جيبور

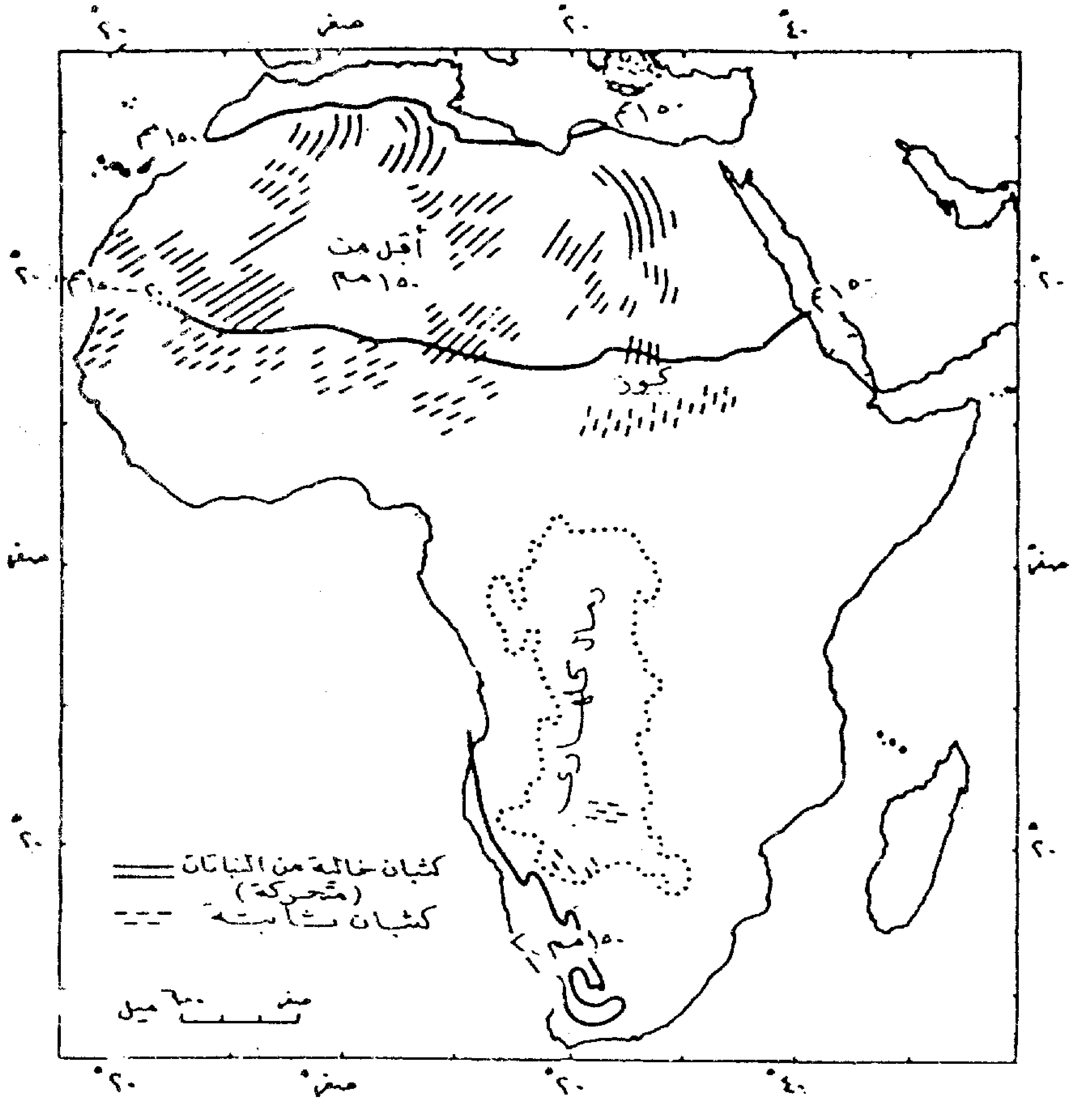
Jaipur في شرق راجستان، أرسبت فوق الرمال رواسب بحيرية عذبة ، وقد تم تأريخ رواسب قاع هذه البحيرة بحوالي ١٠٠٠٠ سنة مضت، مما يدل علي أن الكثبان توقفت عن الحركة منذ ذلك الوقت (Singh,1971).

وفي أجزاء كثيرة من هذه المنطقة الصحراوية يبدو أنه كان هناك فترتي جفاف رئيسيتين علي الأقل. وعلي ما يبدو أن الفترة الأولي إنتهت بتكوين تربة حمراء خلال العصر الحجرى الأوسط، أما الفترة الثانية فقد إنتهت بمرحلة تكلس في العصر الحجري القديم الأوسط Mesolithic. وترجع ندرة بقايا العصر الحجري القديم إلي ظروف الجفاف التى سادت فيما بين أواسط الحجري القديم وعصر الأدوات الحجرية الدقيقة، ويؤيد هذا الرأى وجود موقع يرجع إلي الحجري القديم الأعلى في أحد الكثبان قرب بارودا، أما كثرة مواقع الأدوات الحجرية القديمة فقد ترتبط بتحسن ظروف المطر في الهولوسين المبكر. ويوضح شكل ٣-١ خريطة التوزيع التقريبى للكثبان الحفرية في شمال الهند.

الكثبان الحفرية في أفريقيا :

ثمة صورة مشابهة لشمال الهند نراها فى جنوب أفريقيا ، حيث تسود حقول كثبان حفرية في بتسوانا والمناطق المحيطة التي يغطيها في الوقت الحاضر خليط من أشجار السنط وحشائش وشجيرات. وقد أوضحت الدراسة التفصيلية للصور الجوية وجود مساحات واسعة من حقول الكثبان التي ترجع إلي البليستوسين المتأخر في مناطق تصل فيها كمية المطر إلي ٥٠٠ مم سنوياً (Grove, 1969). وتغطي هذه الكثبان معظم بتسوانا وتمتد في روديسيا حيث تأثرت إلي حد كبير بعمليات التعرية (Flint & Bond, 1968) وفي شمال غرب بتسوانا إلي الغرب من أكافونجو توجد كثبان مماثلة من حيث الشكل ولكنها قلت في إرتفاعها إلي حد كبير لتأثرها بعملية غسيل المنحدرات slope wash حتي وصل منسوبها إلي ١٠٠ متر وهو منسوب الكثبان الرملية المتوازنة النشطة حالياً والموجودة علي ساحل ناميبيا الشديد الجفاف.

هذه الكثبـــان الرمليـــة الطويلة تمتـــد إلى الشـــمـــال فى كـــابريفى Caprivi تحـــت خط عرض ١٦ جنوبا في كل من أنجولا وزامبيا، كما توضحها صور الفضاء. وهناك كثبان رملية أقدم توجد في غابات الكونغو وتمتد شمالا حتي خط الأستواء (شكل ٣-٢) وقد تحجرت هذة الكثبان وأصبحت متماسكة وتحولت إلي سلكريت silcretes وتأثرت إلي حد كبير بالتعرية المائية وعمليات التربة. وثمة دليل آخر علي أن كلهاري شهدت ظروفا أكثر رطوبة في الماضي هو وجود أودية حفرية ممتدة لمسافات طويلة تعرف محليا باسم mokgacha ومنها Okwagroot laogt. ومن الأدلة كذلك وجود أحواض بحيرات قديمة .



شكل (٣ – ٢) التوزيع السابق والحالى للكثبان الرملية فى أفريقيا

يلاحظ أن الرمال المتحركة يقتصر تواجدها على السفوح خفيفة الانحدار جداً للمناطق الحوضية الشكل والتى يقل متوسط المطر السنوى بها عن ١٥٠ مم . أما الكثبان القديمة فتوجد فى مناطق أكثر رطوبة مما يشير إلى أن الصحارى كانت أكثر إتساعا .

وإلي الشمال من خط الإستواء تمتد حقول الكثبان الرملية في مناطق السافانا ومناطق الغابات في غرب أفريقيا وقد غطت تربات من اللاتريت وأنواع أخري كما طلفت علي أحواض البحيرات القديمة (شكل ٣-٣). ويمتد العرق المسمي Hausa iand في منطقة يبلغ مطرها الحالي ٧٥٠مم (Grove,1958). وكثير من الكثبان في شمال نيجيريا مزروعة اليوم، وفي منطقة بحيرة تشاد فاضت مياه البحيرة وغطت الكثبان القديمة. وقد إمتدت الكثبان الرملية خلال إحدي فترات التاريخ وإستطاعت أن تغلق مجري نهر النيجر. كما تزخر منطقة النيجر الأوسط بعدد من الكثبان الحفرية التي ترجع لفترات مختلفة، من بينها كثبان خطية أثرت فيها عمليات التجوية بعمق، وكثبان أحدث ذات ألوان رمادية - بنية وصفراء أقل أرتفاعا.

نهر النيجر- الذي نراه اليوم- حفيد مصدرين أحدهما كان تلك الروافد الآتية من السفوح الجنوبية لجبال الأحجار، ليغذي الجزء الجنوبي الشرقي الأدني خلال البليستوسين المتأخر. أما النيجر الأعلي فكانت تغذيه مصادر آتية من جبال غينيا - سيراليون وكان يتجه نحو الغرب ليصب في خليج السنغال خلال البليوسين وأوائل البليستوسين وتبع ذلك فترة جافة أدت إلي نشأة حاجز من الكثبان الرملية (عرق أواجادو Ouagadou) أغلق المجري الذي كان يتجه نحو الغرب وذلك عندما حلت الفترة المطيرة الرئيسية الأخيرة منذ ١٠٠٠٠ سنة إلي ١٥٠٠٠ سنة (Beadle, 1974). ومن هنا تحول هذا المجري ليصب في منخفض مغلق يسمي بحيرة Araouane. ولكن ما لبثت هذه البحيرة أن فاضت مياهها (أما نتيجة فتحة في أحد جوانبها أو عملية أسر وبزاوية أقرب ما تكون إلي القائمة ليلتحم بالنيجر الأدني)، منذ حوالي ٥٠٠٠ -٦٠٠٠ سنة تقريبا.

وإلي الشرق، في السودان غرب النيل الأبيض، توجد مجموعة من الكثبان الرملية الثابتة تعرف محليا باسم القوز Qoz تغطي معظم أشكال سطح الأرض حتي سفوح جبال مره. وتمتد هذه الكثبان جنوبا حتي خط عرض ١٠° شمالا وفي الشمال تلتحم مع كثبان

متحركة عند خط عرض ١٦° ش تقريبا، وقد إستطاعت هذه الكثبان عبور النيل والذي من المحتمل أن يكون قد تعرض للجفاف أثناء تكون هذه الكثبان. وعلي غرار ما رأيناه في غرب أفريقيا والهند يبدو أن المنطقة شهدت فترتين علي الأقل، نشطت فيهما الكثبان الرملية، نتج عن الأولي ما يسمي بالقوز الأسفل وتضم الكثير من الكثبان التي تسمي alab، أما الفترة الثانية والتي يبدو أنها لم تمتد كثيرا نحو الجنوب فتتكون من كثبان عرضية وتكون ما يسمي بالقوز الأعلي. وقد اعترض هاتان الفترتان فترة رطبة نسبيا حيث سادت عمليات التجوية والتعرية. وتشير الفترة الجافة الأولي إلي زحزحة في نطاقات الرياح والمطر نحو الجنوب بما يقدر بحوالي ٤٥٠ كم، أما المرحلة الثانية التي تكونت خلالها الكثبان في الهولوسين فقد قدرت الزحزحة بحوالي ٢٠٠ كم . (Grove and Warren,1968).

وقد كان لفترات الجفاف – التي استدل عليها من خلال توزيع الكثبان الحفرية في أفريقيا – أثرها علي الإنسان، حيث يلاحظ وجود ثغرة في السجل الأثري. وكما لاحظ Wendorf et al. (1976) لا توجد أي أثار في أي مكان في الصحراء النوبية تشير إلي الإستقرار، مثل الينابيع أو الرواسب البحيرية فيما بين مواقع الحضارة العاطرية Aterian والحجري القديم المتأخر. وفي هذه الفترة التي إمتدت لأكثر من ٣٠٠٠٠ سنة كانت صحراء مصر الغربية علي ما يبدو خالية من المياه السطحية أو أي دليل علي وجود حياة.

الكثبان الحفرية في الأمريكتين :

في الولايات المتحدة الأمريكية تم التعرف علي كثبان رملية حفرية، منها علي سبيل المثال، أجزاء من السهول العليا والتي يغطيها الآن قشرة جيرية متصلبة (calcrete) وينتشر بها العديد من المنخفضات ، كانت في الماضي مسرحا لحقول كثبان رملية تميز توزيعها بالشكل الحلقي عكس عقارب الساعة، وتشبه في ذلك كل من أستراليا وجنوب أفريقيا (Price,1985).

ويشمل هذا النمق الأمريكى عرق دلتا ريوجراند الذى يمتد لحوالى ١٥٠ كم من بونتا بنسكال Punta Penscal عند مخرج خليج بافن إلي أولتون وحوالي ٣٠٠ كم من أولتون Oilton حتي الحد الجنوبي للدلتا. وثمة عرق أمريكي أخر يسمي حقل Lians Es-tacado ويحدده في الوقت الحاضر في أحد أجزائه علي الأقل مظاهر طبوغرافية منها منخفضات محفوره وبقايا سلاسل ومستنقعات منكمشة وبحيرات تأخذ اتجاه المنخفضات وقد يري البعض أن الشكل الخطي الذي تأخذه الكثبان والبحيرات يشير إلي نظام رياح سابق ينحرف بمقدار ٩٠ درجة عن النظام الحالي كما يشير إلي ظروف أكثر جفافا . وهذه الظاهرات قد تشير إلي إمتداد الصحراء نحو الشمال والشرق لمسافة تقدر بحوالي ٣٢٠ كم. وفي نبراسكا وجنوب داكوتا ، تغطي التلال الرملية مساحة تقدر بحوالي ٥٢٠٠٠ كم٢ ، هذه الكثبان كانت أنشط في أواخر البليستوسين وأمكن التعرف علي ثلاثة أجيال من الكثبان أكثرها امتدادا تلك التي ترجع لفترة Pre-woodfordian (Smith,1965)، ومن المحتمل أن خليج كارولينا الشهير قام علي أنقاض بعض منخفضات التذرية في منطقة ما بين الكثبان.

وفى أمريكا الجنوبية أستخدم Tricart سنة ١٩٧٤ عدداً من أساليب الأستشعار من البعد والتي مكنته من التعرف علي عرقين قديمين، أحدهما كان في Llanos في حوض نهر أورينكو Orinoco، حيث غطي طمي هولوسيني الكثبان الحفرية والتي تمتد نحو الجنوب حتي خط عرض ٣٠ ' ٦ °، ٢٠ ' ٥ ° . أما العرق الأخر كان في وادي نهر ساو فرانسسكو الأدني والأوسط في مقاطعةBahia بالبرازيل. وأثناء تكون هذه الكثبان كان النهر ذا تصريف داخلي . كذلك من المحتمل أن الظاهرات الهوائية كانت أكثر امتدادا في Pampas وأجزاء أخرى من الأرجنتين.

الكثبان الحفرية في أستراليا :

تنتظم الكثبان الرملية الحفرية في أستراليا في نظام قاري حلقي ضد عقارب الساعة، كما سبق وأشرنا. وتظهر هذه الكثبان بوضوح في منطقة بندان Pindan في غرب أستراليا وفي المنطقة الواقعة إلي الجنوب من Barkly. وكلها أراضي مزروعة، وهي في المنطقة الأخيرة تبدو مستديرة الشكل وتبدو مماثلة لتلك الموجودة في شمال نيجيريا بشكل عام. ويشير وجود هذه الكثبان إلي تناقص المطر في Barkly Tableland بمقدار ١٥٠ - ٥٠٠ مم مما يدل علي زحزحة خطوط الحرارة المتساوية للنطاق الأستوائي حوالي ٨ درجة عرض أي حوالي ٩٠٠ كم (Mabbutt, 1971) كما تشير دراسة حبوب اللقاح لعينة لبية أخذت من Lynch's crater شمال شرق كوينزلاند Queens-land إلي تغير النباتات الإقليمية من ظروف أدنى من المعتدلة الرطبة في أواخر البليستوسين إلي أعلي من المعتدلة الرطبة في أوائل الهولوسين وبذلك تضيف دليلاً آخر علي الجفاف الذي حل في أواخر البليستوسين في أستراليا المدارية (Kershaw, 1974). ومن الدراسات القيمة عن الكثبان الحفرية في أستراليا دراسة Bowler, (1976)، وكذلك دراسة كل من Wyrwoll & Milton سنة ١٩٧٦ و Glassford & Kiligrew سنة ١٩٧٦ التي إهتمت بتطور هذه الكثبان في غرب أستراليا.

الفترات المطيرة في البليستوسين:

لا تقل أدلة النشاط الهيدرولوجي وإثارته عن الكثبان الرملية الحفرية كدليل علي الجفاف، هذا النشاط الهيدرولوجي قد يكون نتيجة إنخفاض درجة الحرارة أو زيادة التساقط في البليستوسين أو أوائل الهولوسين. هذة الفترات يطلق عليها الفترات البحيرية Lacustral أو الفترات المطيرة Pluvial ورغم هذا، ففي بعض الحالات يكون الدليل مبهما عن الأدلة المتعلقة بالكثبان، حيث أن العلاقة بين المطر ومستوي البحيرات علاقة معقدة نظراً لتأثير درجة الحرارة وعوامل أخري غير مناخية. وفيما يتعلق بهذه العوامل فكما نعلم أن هناك بحيرات

جدول ٣-٢

أبعاد بعض البحيرات فى الفترات المطيرة

البحيرة		الموقع	المساحة كم٢	العمق(متر) فوق القاع الجاف حاليا أو مستوى البحيرة
يون فيل	Bowneville	الولايات المتحدة	٥١٧٠٠	٣٢٥
	Searles	الولايات المتحدة	–	٢١٣
بنمانت	Panamint	الولايات المتحدة	+	٢٧٤
راسل (مونو)	Russel	الولايات المتحدة	–	٢٣٣
لاهونتان	Lahontan	الولايات المتحدة	٢٢٤٤٢	٢١٣
البحر الميت		الأردن	–	٤٣٣
تُوزجولو	Tuz Golu	تركيا	–	٧٥
ليك فان	Lake van	تركيا	–	٦٠
إزملك	Izmilk	تركيا	–	٥٥
لبيردور	Burdur	تركيا	–	٩٥
الخارجة		مصر	–	١٠٠
ديري	Dieri	أستراليا	١٠٤٠٠٠	٤٦
ماكير كيري	Makarikari	بتسوانا	٣٤٠٠٠	٤٥
ناويت	Nawait	أستراليا	٢١٠٠٠	–
أرال ، بحر قزوين		الإتحاد السوفيتى	١١٠٠٠٠٠	٧٦

After Grove, 1969; Flint, 1971; Butzer, 1972

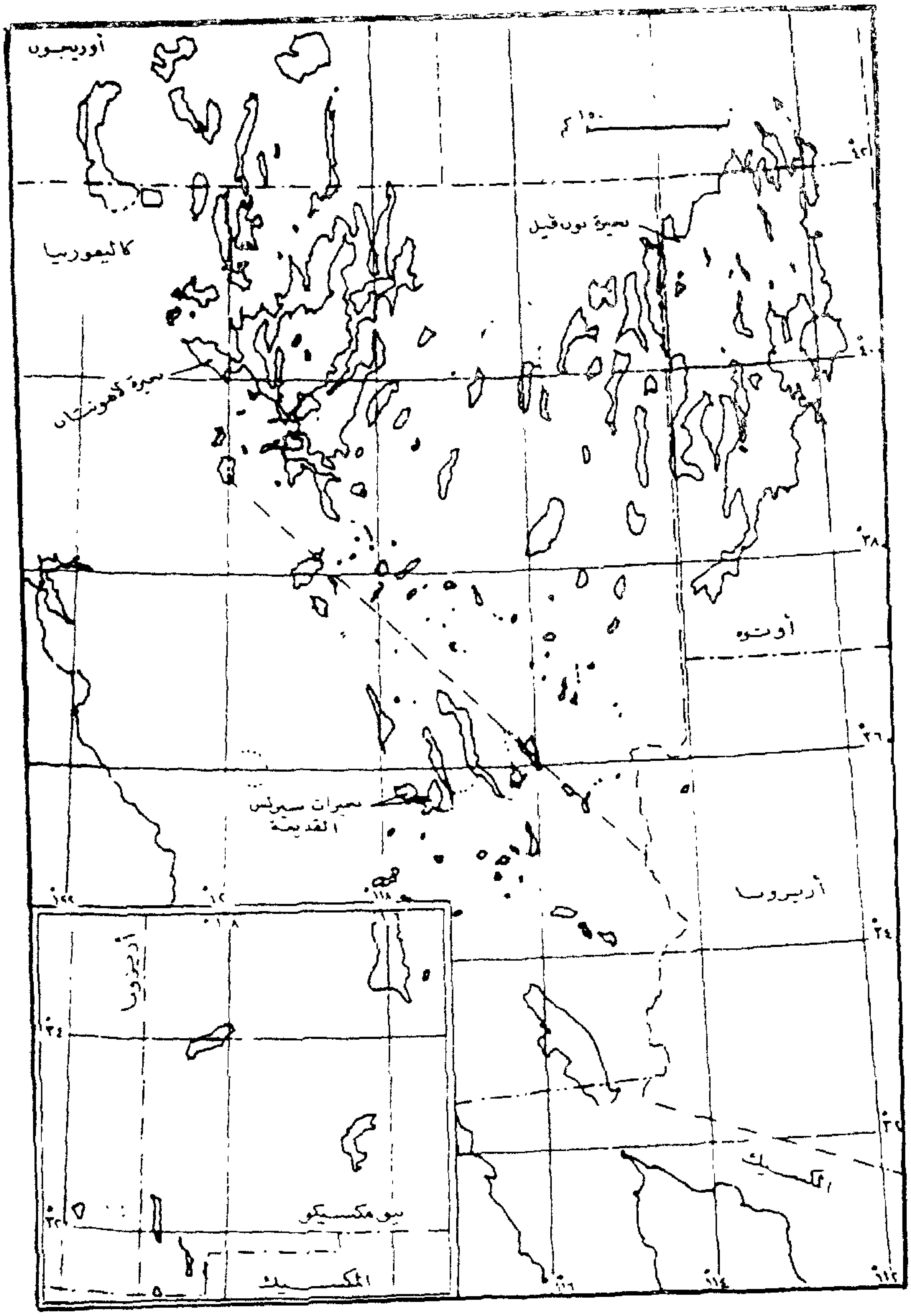
توجد في مناطق غير مستقرة تكتونيا أو نشطة بركانياً. ومثال ذلك تلك البحيرات التي تحتل قاع الأخدود الأفريقي الشرقي فيما بين منخفض دناكل في الحبشة وبحيرة مالاوي وبحيرات أخرى، منها أتوشا بان Etosha Pan في جنوب غرب أفريقيا وبحيرات ماكيركاري ونجامي Makarikari & Ngami في بتسوانا قد تكون تأثرت بإتصالها إلي حد ما بالنظام النهرى في هذه المنطقة شبه الجافة، وفي مناطق أخري يحتمل تأثر مخارج البحيرات بعوامل التعرية أو بنمو النباتات عند المخارج، مؤدية إلي تكرار إنخفاض إرتفاع مستوي البحيرة.

ورغم هذا فطبيعة إنتشار وتشابه التعاقب في كثير من الأحواض في مواضع متفرقة في أنحاء العالم تشير إلي أن المناخ قد يكون العامل المتحكم في تذبذب مستوي البحيرات.

وسواء من ناحية المساحة أو العمق فإن كثيراً من هذه البحيرات كانت من الظاهرات المميزة لبيئة البليستوسين (جدول٢-٢) وكانت في كثير من المناطق المواقع المفضلة لسكني الإنسان القديم .

بحيرات الفترات المطيرة في أمريكا الشمالية :

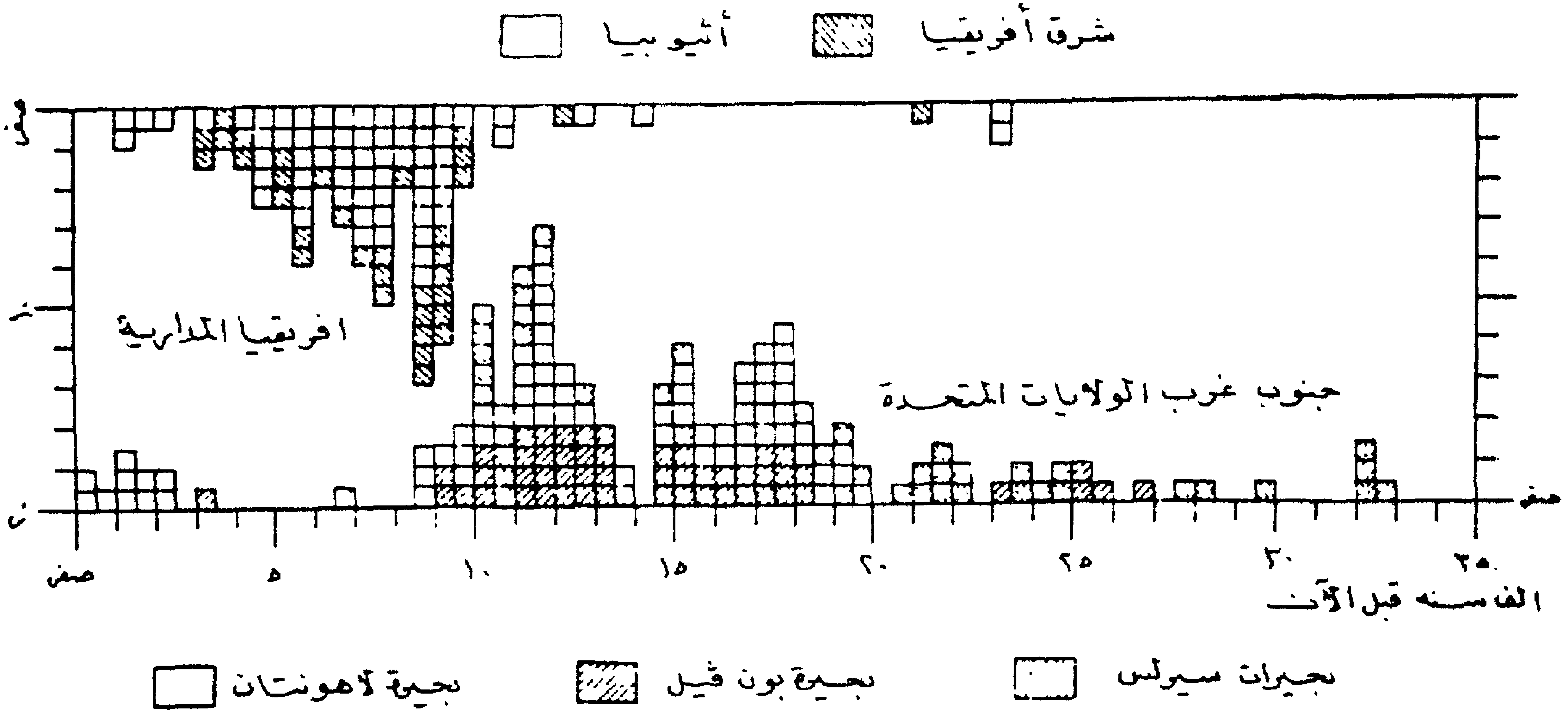
لعلنا نلاحظ أن أكبر تجمع للبحيرات في النصف الغربي من الكرة بل في العالم أجمع ، يوجد في الحوض العظيم في الجزء الشمالي من مقاطعة Basin and range في الولايات المتحدة الأمريكية (شكل ٣.٢) . فهناك ما يتراوح بين ١١٠-١٢٠ منخفضا تكونت في الغالب نتيجة صدوع مرتفعة الزاوية High angle faulting ، في البليستوسين المتأخر وفي البليستوسين إحتلتها أو إحتلت بعض أجزائها بحيرات عذبة Pluvial بليستوسينية، بعض هذه البحيرات خاصة بون فيل ولاهونتان وبحيرة راسل Russel ومجموعة بحيرات Manly كانت عظيمة الإتساع (جدول ٢-٢) فقد كانت بون فيل في أقصي إتساعها مماثلة



شكل (٣ - ٣) خريطة تقريبية توضح البحيرات المرتبطة بالمطر في البليستوسين في غرب الولايات المتحدة. والخطوط المتقطعة توضح قنوات نهرية فيضانية.

تقريبا لحجم بحيرة ميتشيجان ولكن مياهها اليوم تحتل مساحة لا تتعدي ٢٦٠٠ - ٦٥٠٠ كم٢ فقط . ويمكن الإستدلال علي إتصال سابق بين بعض هذه البحيرات بإشتراكهم بشكل عام في أنواع من الأسماك (Miller, 1946). وإلي الجنوب والشرق من الحوض العظيم في مقاطعة Basin and Range ، هناك عدد أقل من المنخفضات نظرا لقلة تأثير البليستوسين. وفي أقصي الجنوب تقل التغيرات المناخية المرتبطه بالفترات المطيرة، وقد يرجع هذا إلي بعد المسافة عن مسار الأعاصير الغربية من جهة ، وشدة الجفاف الناتجة عن إرتفاع المتوسط السنوي لدرجات الحرارة في العروض الجنوبية من جهة أخري. ورغم هذا فهناك بحيرات ترجع للفترات المطيرة في المناطق الجنوبية خاصة في الأراضي المرتفعة ابتداءً من جنوب أريزونا ونيو مكسيكو في الشمال إلي الحوض العظيم في مكسيكوستي في الجنوب. وفي باجا Baja (كاليفورنيا) كانت هناك بحيرة شبالا Chapla وهي من البحيرات المرتبطة بالمطر، بينما علي السهول المرتفعة خاصة في Llano Estacado توجد العديد من المنخفضات الصغيرة التي ترجع في نشأتها جزئيا لعمليات التذرية (Reeves, 1966) .

وتاريخ بحيرات الفترات المطيرة في أمريكا الشمالية يشير إلي أن كثيرا من هذه البحيرات كان مرتفعا في أوقات معينة خلال الفترة الجليدية الأخيرة، وكما سبق ولاحظنا أن غرب الولايات المتحدة يعتبر المنطقة الكلاسيكية للتعرف علي الإتصال بين جليد الجبال والفترات البحيرية . بعض البحيرات تحتفظ بمنسوبها المرتفع خلال الهولوسين البكر، علي غرار ما حدث في أفريقيا ورغم أن بعض الفترات المطيرة في أمريكا قد تعاصرت مع أوج الجليد إلا أنها تختلف عن تلك الموجودة في بعض أجزاء أفريقيا . (شكل ٣-٤). ففي الحوض العظيم في Utah كشف تحليل عينة لبية عميقة أنه كانت هناك علي الأقل خمس فترات مطيرة علي مدي ٨٠٠٠٠ سنة (Eardley and Gvosdetsky,1960) .



شكل (٣ - ٤) تأريخ الرواسب البحيرية بالكربون المشع ١٤ (C14) فى شرق أفريقيا والحبشة وجنوب غرب الولايات المتحدة.

مجموعة بحر قزوين وبحر آرال:

تشكلت مجموعة آرال – قزوين – البحر الأسود في عدد من المنخفضات الواسعة الضحلة الناتجة عن إلتواءات في الزمن الرابع ثم إستقبلت كميات من مياة الجليد الذائب من مصادر مختلفة حيث وصلت المياه إلي بحر قزوين عبر الفولجا وروافد جبال أورال. أما مياه آرال فكانت عبر بحر Oxus.

وكان أعلي خط شاطيء عند إرتفاع ٧٦ متر فوق المستوي الحالي لبحر قزوين وبهذا شكلت أعظم بحيرات ناتجة عن المطر في العالم حيث إتحد الأورال وقزوين ليغمرا مساحة ١١٠٠٠٠٠ كم٢ وامتدا لمسافة ١٣٠٠ كم علي طول نهر الفولجا من مصبه الحالي. كما اتحد بحر قزوين بالبحر الأسود أثناء اتساعه عبر منخفض Mantych (شكل ٣-٥).

بحيرات الفترات المطيرة في الشرق الأوسط:

يقع أخدود البحر الميت الحالي الذي يحتل جزءا من الأخدود العظيم في منطقة جافة نسبيا ويضم ثلاث بحيرات رئيسية. بحيرة الحولة (جافة حاليا) وبحيرة طبرية (وبحر الجليل) والبحر الميت نفسه . وفي الزمن الرابع غطت هذه البحيرات منطقة أكثر إتساعا مما هي عليه الآن وخاصة البحيرة التي يطلق عليها إسم بحيره ليسان Lisan-lake التي إمتدت بصفة مستمرة من الشواطيء الجنوبية لشاطيء الجليل إلي نقطة تقع علي بعد ٣٥ كم جنوب الشواطئ الجنوبية الحالية للبحر الميت. وبذلك بلغ طوله من الشمال إلي الجنوب حوالي ٢٢٠كم وعرضه الأقصى ١٧كم وأقصي منسوب لشواطئه – ١٨٠ متر مقارنا بمنسوبه الحالي –٤٠٠ متر وعلي هذا يمكن تقدير كمية مياهه في السابق بحوالي ٣٢٥ كم٣ مقارنة بحوالي ١٣٦ كم٣ حاليا (Farrand, 1971).

ولعل إضطرابا تكتونيا علي مقياس كبير يعتبر مسؤولاً إلي حد ما عن قلة حجم مياه البحر الميت، ولكن بحيرة يقع شاطئها علي إرتفاع – ٢٧٠ متر وإرتفاع القاع علي نفس

شكل (٢ - ٥) تغير شكل بحر قزوين خلال الفترات الدافئة والباردة .

أ : المساحة المائية خلال فترة جليلدية مثل إميان / مكيلينو.

ب : المساحة المائية فى الوقت الحاضر .

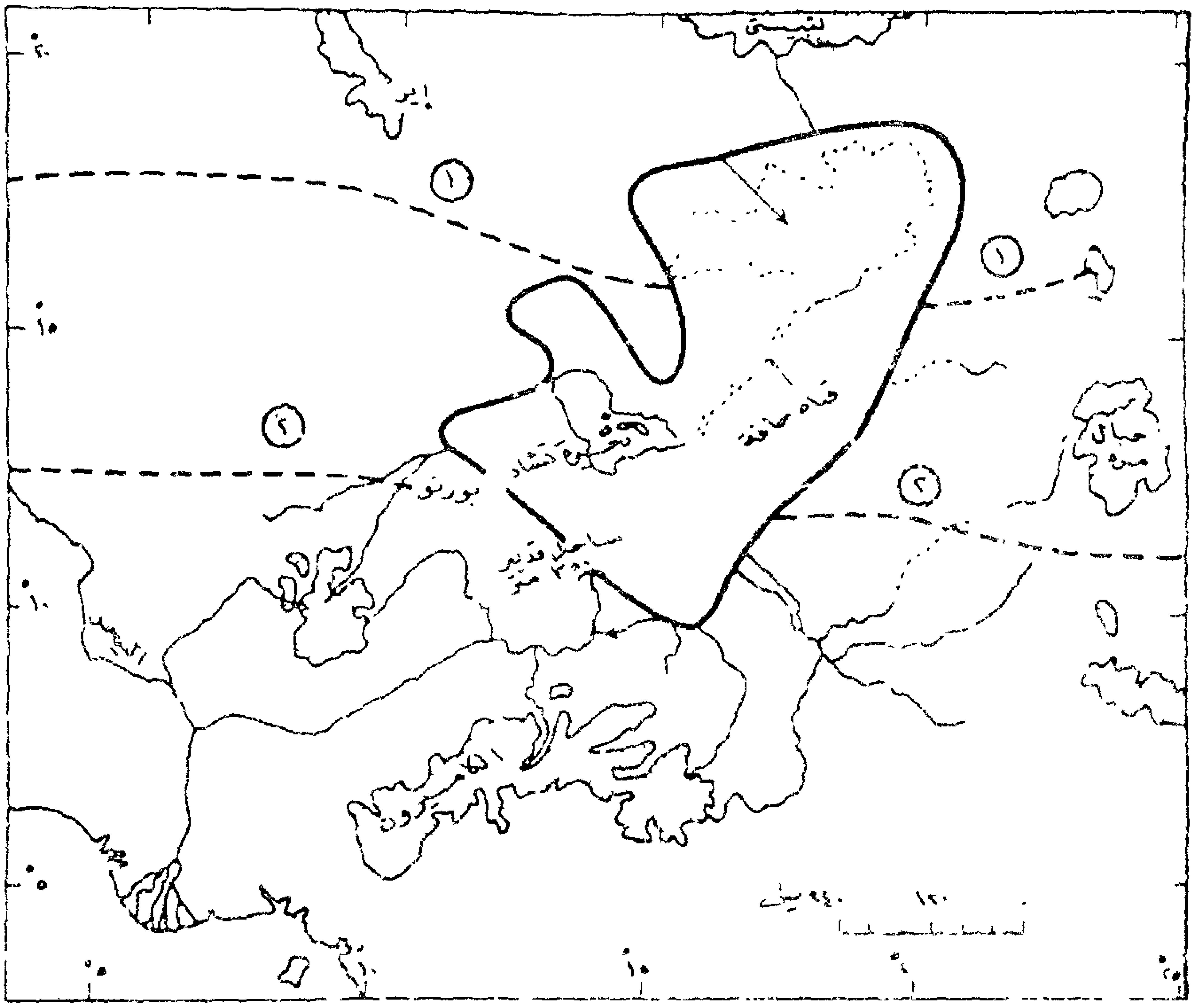
ح المساحة المائية خلال آخر فترة جليدية (فاليدى)

مستوي قاع البحر الميت الحالي قد تستطيع الحفاظ علي نصف كمية المياه التي كانت توجد ببحيرة Lisan السابقة، ولذلك لابد أن هناك مؤثرات مناخية هي التي سببت إنكماش البحيرة إلي وضعها الحالي، ويعتقد بيجن Begin وآخرون (١٩٧٦) أن البحر الميت كان بحيرة ضخمة منذ حوالي ١٨٠٠٠ - ١٢٠٠٠سنة، عندما شهد شرق أفريقيا فترة شديدة الجفاف.

وفي الصحاري العربية تم التعرف علي بحيرات قديمة ويشير التأريخ بالنظائر المشعة إلي أن هناك فترتين بحيرتين ٣٦٠٠٠ - ١٧٠٠٠ ، ٩٠٠٠ - ٦٠٠٠ سنة مضت .(Mclure, 1976)

بحيرات الفترات المطيرة في أفريقيا:

تعتبر بحيرة تشاد من أكبر البحيرات وأكثرها إثارة (شكل ٣-٦) ولكنها علي غير قزوين والأورال لم تتلق مياها ناتجة عن نوبان الجليد. وفي أكثر من مرحلة من مراحل البليستوسين كانت بحيرة تشاد أكبر منها الآن حيث تقف عند مستوي ٢٨٢ متر فوق مستوي سطح البحر، ولكن في مرحلة مبكرة كون نهر شاري دلتا بلغ إتساعها ٤٠٠٠٠ كم٢ علي ضفاف البحيرة عند مستوي ٣٨٠ - ٤٠٠ متر ثم إنكمشت البحيرة خلال فترة جافة تكونت خلالها الكثبان الرملية. ولكنها إرتفعت مرة ثانية إلي منسوب ٣٢٠ - ٣٣٠ متر وكونت حافة طولية يمكن تتبعها لمسافة ١٢٠٠ كم. وفيما بين Bama و Maiduguri في شمال شرق نيجيريا يمكن التعرف علي هذا الشاطيء القديم بسهولة علي شكل تلال رملية إرتفاعها ١٢ متر. وقد أرخت هذه الفترة المطيرة بحوالي ١٠٠٠٠ سنة مضت أو بعد ذلك بقليل و يبدو أن البحيرة توقفت عند منسوب ٣٢٠ متر حتي ٥٠٠٠ سنة مضت (Grove and Warren, 1968).



شكل (٣ - ٦)

زحزحة شواطى بحيرة تشاد وحدود الصحراء فى حوض تشاد فى غرب وسط افريقيا والامتداد الحالى للبحيرة

٩٢٠ قدم فوق مستوى سطح البحر ، مقارنا بالشواطىء القديمة لبحيرة تشاد الضخمة عند ١١٠٠ قدم فوق مستوى سطح البحر (خط سميك) والتى فاضت فى بينو Benue

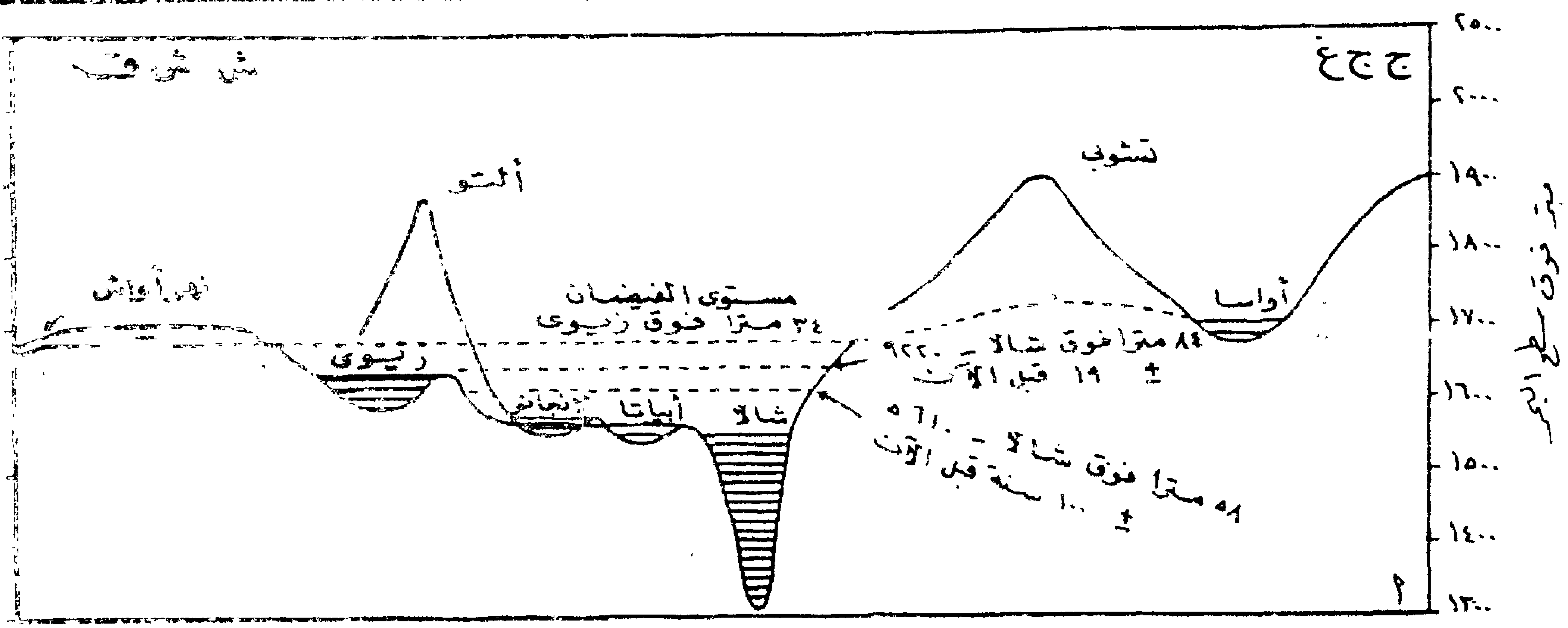
الخط المتقطع (٢) يمثل الحد الجنوبى للكثبان الرملية القديمة المغطاه بالنبات وتقع بعيدا الى الجنوب من الحد الجنوبى من الكثبان المتحركة الحالية والموضحه بالخط المتقطع (١) . هذه التغيرات الشديدة فى حدود الصحراء ومستويات البحيرة ربما حدثت فى الفترة ما بين ٢٠,٠٠٠ - ٥,٠٠٠ سنة مضت .

(after Grove, 1971)

وقد تم التعرف علي رواسب بحيرية في عدة منخفضات لواحات متناثرة في جمهورية النيجر ،وكثير منها قد تكون منذ عشر آلاف سنة .

والي الشرق تحتل الأودية الأخدودية في شرق افريقا العديد من البحيرات والتي تكون حولها شواطي مرتفعة خالا البليوستوسين المتأخر والهولوسين المبكر . وفي إثيوبيا ، تم التعرف علي واحد من أكبر بحيرات الفترات المطيرة وهي بحيرة جالا galla بواسطة العالم الاسكندينا في Nilssen في جنوب أديس أبابا . وقد أنكمشت هذه البحيرة وانقسمت في الوقت الحاضر إلي زربعة بحيرات صغيرة وهي Shala , Ziway , Langano , Abiyata وعندما كانت هذه البحيرات متحدة ويقع منسوبها فوق منسوب بحيرة Shala . بحوالي ١١٢م ، كانت تحتل حوضا كبيراً تغطيه المياه عند المنسوب (شكل ٣ - ٧) . وفي اقليم عفار ،وصلت مساحة بحيرة Abh ٦٠٠٠ ك م٢ وكان عمقها يزيد علي ١٥٠ م . (Gasse , in Rongon , 1976)

والي الجنوب ، تعرض أيضا البحيرات الأخري خطوط ثبات ورواسب بحيرية قديمة . حيث تعرض بحيرة Awasa سلسلة من الأرصفة التي تكونت في مواد بركانية علي مستويات ١٠ ، ٢٢ ، ٢٣ ، ٤٠ مترا [illegible] مستوى [illegible] البحيرة الحالى . وفي بحيرت Chamo , Mar gherita تكون رصيف علي منسوب ٢٠ - ٣٠ مترا . ووجدت أصداف قواقع (Etheria) على منسوب ٥٢ مترا فوق مستوي المستنقعات الحالى ويبد وأن زيادة تصريف نهر Sagan قد أدى إلي تكوين بحيرة Stefanie التي اكتشفت عام ١٨٨٨ وتقع إلي الشمال مباشرة من الحدود الكينية . هذه البحيرة التى قد تغمرها المياه موسميا أو قد تظل جافة طول العام فى الوقت الحاضر يبدو أنها قد وصلت إلى منسوب ٢٠ مترا فوق سطحها الحالى ، حيث تكون على شواطئها ألسنة قديمة وأرسبت قشور جيرية على الجروف القديمة والجزر (Grov, Street & Goudie, 1975, p. 183)



شكل (٣- ٧) بحيرات البليستوسين المتأخر والهولوسين في شرق أفريقيا

شكل (٣-٧-١) قطاع شمالي شرقي - جنوبي غربي عبر حوض بحيرات جالا ، أثيوبيا يوضح المستوى المرتفع للبحيرات في الهولوسين المبكر مما نتج عنه التحام زيوا ، لانجانو ، أبييت وشالا .

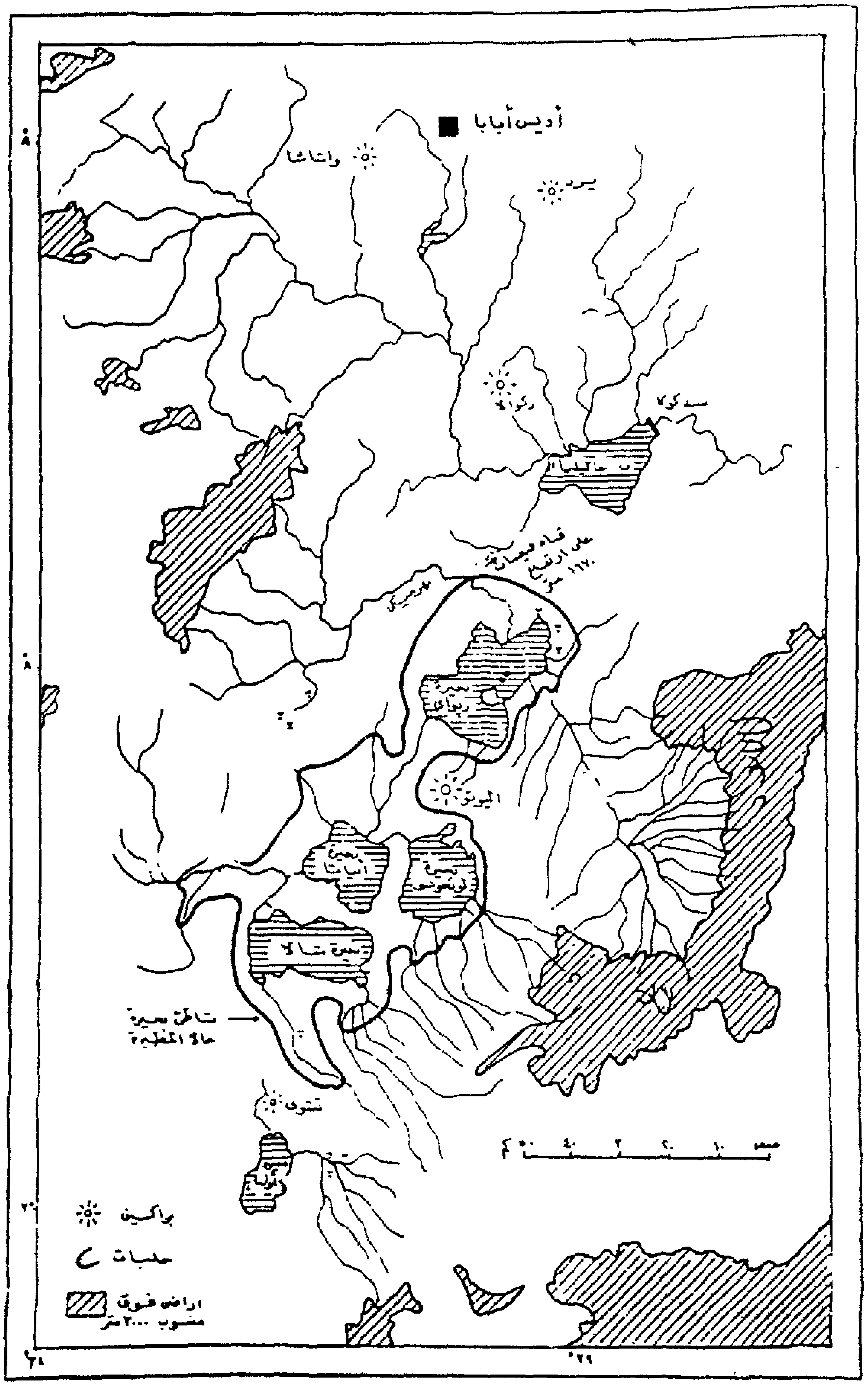
(after Grove and Goudie , 1971).

ونحو الجنوب نجد أدلة أخرى على مستويات مرتفعة لمياه البحيرات فى كل من كينيا تنزانيا ويبدو أن هناك تشابها مع بحيرات الحبشة (شكل٣-٤) ففي حوض ناكورا - نيفاشا Nakuru-Navasha كانت هناك بحيرات عظيمة الأمتداد (شكل ٣-٧).

وفي جنوب أفريقيا تقل البحوث الخاصة بالبحيرات نسبيا، وان كان هناك بعض التواريخ القليلة. إلا أن الصور الجوية توضح أن بعض الأحواض تعرضت للإتساع في الماضي القريب . وفي الجزء الشمالي من كلهاري في بتسوانا يوجد منخفض Makarikari، والذي يحتله الآن سبخة Ntetwe Pan و بحيرة Dow. ويبدو أن بحيرة ماكاركيرى بلغت مساحة لا تقل عن ٣٤٠٠٠ كم٢ وحجم المياه ٥٠٠ - ١٠٠٠ كم٣ وعمق حوالي ٤٥متر . وإلي الغرب وفي منخفض Ngami هناك شواطيء حفرية تشير إلي أن هذه البحيرات الصغيرة الضحلة زادت مساحتها في وقت من الأوقات عن ١٠٤٠ كم٢. كما أن منخفض Mababe الذي يقع علي الجانب الشرقي لمستنقعات Okavango كانت تحتلة كذلك بحيرة كبيرة ويحده من الغرب سلسلة Magwikwe الرملية، وتتصل هذه السلسلة بتل جوباتسا Goubatsa وربما تكون لسانا رمليا حفريا sand spit أوما شابه ذلك يبلغ إرتفاعه ٢٠متر كونته بحيرة إحتلت منخفض Mababe ، والأجزاء الدنيا من مستنقعات أوكافانجو وتشوب (Grove, 1969). وقد شك ديفد لفنجسون خلال بعثته التبشيرية أن أجزاء من روديسيا وبتسوانا الحالية كانت مغمورة ببحيرة ويدل علي ذلك وجود أعداد كبيرة من قواقع المياه العذبة.

تواريخ آخر فترة بحيرية كبيرة في شرق أفريقيا:

تعرضت بحيرات شرق أفريقيا - كما سبق ورأينا، للإتساع والإنكماش بدرجة كبيرة خلال البليستوسين وكما سنري فيما بعد أنها تعرضت للتغير كذلك في العقد الأخير. وقد احتل الإنسان القديم مثل الإنسان الحالي أحواض بحيرات الأخدود ولذا فإن تذبذبها له

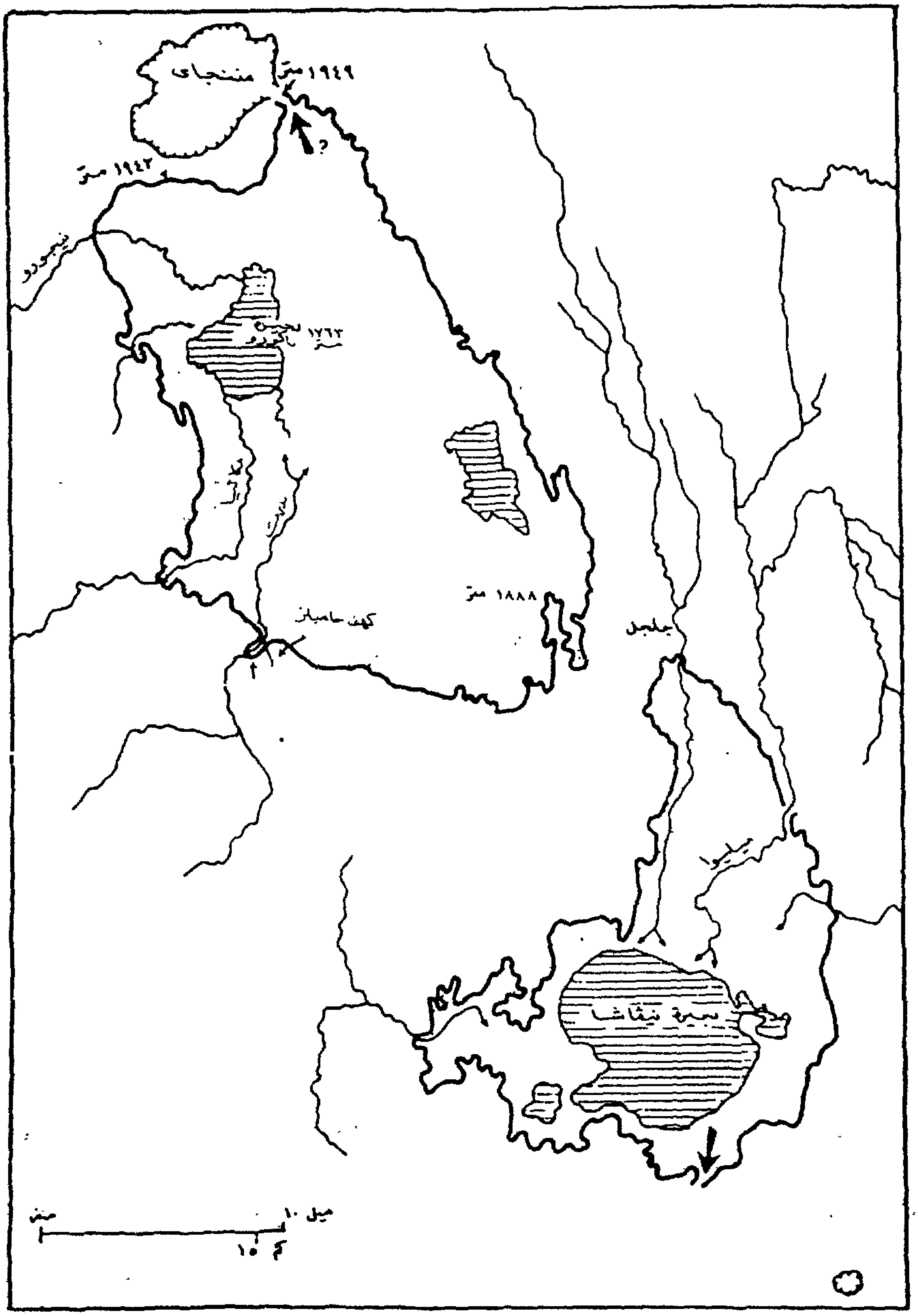


شكل (٣- ٧-ب) حوض بحيرة جالا يوضح شواطيء البحيرة المرتبطة بالمطر.

أهمية. ويرجع ذلك إلي أن الكثير والمهم من المعلومات الأثرية والأنثروبولوجية في شرق أفريقيا ترتبط بالرواسب البحيرية، مثال ذلك بحيرة رودلف ووادي أومو (الحبشة وكينيا). و Olduvai Gorge (تنزانيا) و Olorgesaille (كينيا). وثمة سبب آخر يثير الأهتمام بالتذبذبات أنها تبدو غير متزامنه جزئيا مع الأحداث الجليدية في العروض الشمالية .

وباستخدام طرق التأريخ بالنظائر المشعة التي أصبحت شائعة في السنوات الأخيرة أمكن التوصل إلي أن البحيرات بلغت أقصي إرتفاع لها منذ حوالي ٩٠٠٠سنة أي في أوائل عصر ما بعد الجليد. ويوضح شكل (٣ -٤) بعض البيانات المتاحة إلي جانب بيانات نسبية أخري من أفريقيا المدارية. وبشكل عام يبدو أن هناك قليل من الرواسب البحيرية المرتفعة في أفريقيا المدارية يرجع تاريخها إلي ١٨٠٠٠ ، ١٢٠٠٠ - ١٣٠٠٠ سنة مضت. وفيما بين ١٢٠٠٠ أو ١٢٥٠٠ و ٧٠٠٠ سنة مضت مع أحتمال بلوغها القمة منذ ٩٠٠٠ سنة - كانت البحيرات لمدة طويلة - وإن لم يكن علي طول المدة المذكورة، أعلي منسوبا وأكثر اتساعا منها الان.

وتواريخ الفترات المطيرة أوالبحيرية المبكرة أقل وضوحا نظرا لقلة الدراسات، كذلك فإن بعد ٤٠٠٠٠ سنة وما إلي ذلك تقل قيمة التأريخ بالنظائر المشعة. والتواريخ المتاحة حول ٤٠٠٠٠ إلي ٢٠٠٠٠ سنة مضت تشير إلي وجود فترة أكثر رطوبة نسبيا في كل من الصحراء الشمالية والجنوبية (Rognom, 1976). وهناك تواريخ قليلة جدا لظاهرات ترتبط بفترات المطر حتي الفترة الجليدية الأخيرة أو الهولوسين المبكر وهذا يشير إلي أن قمة الجليد في الفترة الجليدية الأخيرة والتي أرخت بحوالي ٢٢٠٠٠ إلي ١١٠٠٠ سنة مضت كانت فترة جفاف نسبي في كثير من أنحاء أفريقيا شمال خط الإستواء. وعلي نفس المستوي فإن الفترة الجافة منذ ٤٠٠٠٠ إلي ٢٠٠٠٠ سنة قد تتعاصر إلي حد ما مع الفترة شبه الجليدية المتواجدة في كثير من أنحاء نصف الكرة الشمالي . وفي حوض رودلف في كينيا والحبشة يبدو أن الفترة الجافة الأخيرة امتدت لفترة طويلة ما بين ٣٥٠٠٠ إلي ١٠٠٠٠ سنة مضت، كما توجد فترة جافة مماثلة في بحيرة Nakuru في كينيا.



شكل (٣ - ٧ - جـ) إمتداد حوض نيفاشا - ناكورا فى أوائل الهولوسين

ويبدو أن الأدلة الأسترالية تؤيد هذا التصور العام. فمنذ ٤٠٠٠٠ إلي ٢٥٠٠٠ سنة مضت كانت مستويات البحيرات مرتفعة وكانت الكثبان ثابتة نسبيا. وبعد ٢٥٠٠٠ سنة بدأت الفترة الجافة الأخيرة مؤدية إلي إنخفاض مستوي البحيرات. كما ساعدت زيادة الملوحة علي تراكم كثبان غنية بالصلصال في وقت مبكر. وقد وصل الجفاف إلي قمتة في أستراليا منذ حوالي ١٨٠٠٠ إلي ١٦٠٠٠ سنة مضت (نفس تاريخ قمة الجليد تقريبا)، عندما بدأت تتكون كثبان جبسية وصلصالية علي الحواف الشرقية للبحيرات في نفس الوقت الذي إمتدت فية الكثبان الطولية الصحراوية. ومنذ حوالي ١٣٠٠٠ سنة مضت بدأت ظروف الجفاف في التغير نحو الرطوبة وأصبحت الرمال ثابتة.

مشكلة تعاصر الفترات الجليدية والفترات المطيرة:

لعل من أكبر مشاكل الزمن الرابع، هي مشكلة العلاقة بين الفترات الجليدية والفترات المطيرة أو بمعني أخر ماذا كانت عليه الصحراء خلال الفترات الجليدية؟. هل كانت الصحراء تشهد فترات مطيرة إبان الفترات الجليدية أو ما بين الجليديه؟. وكما سبق وأن رأينا في جزء سابق أن النموذج الكلاسيكي يري أن الفترات الجليدية تعاصر الفترات المطيرة حيث تبدو شواطيء البحيرات في الفترات المطيرة في غرب الولايات المتحدة مرتبطة بالركامات الجليدية.

وقد أثبتت الدراسات التي قام بها كل من Wayland, Wilson, Leakey في شرق أفريقيا وجود عدد مختلف من الفترات المطيرة. فقد أوضحت دراسة Leakey أن هناك أربع فترات مطيرة رئيسية أسماها كاجيران Kageran ، كاميسيان Kamasian، كانيجران Kanijeran، وجامبليان Gamblian. تبع هذه الفترات فترتين رطبتين وهما ناكوران Nakuran وماكيليان Makalian. وعلي أسس باليونتولوجية (دراسة الحفريات) وأركيولوجية ، اعتقد الكثيرون أن هذه الفترات الأربع المطيرة الرئيسية تضاهي بشكل

عام الفترات الجليدية الكلاسيكية والألبية التي إقترحها Penck and Bruckner ومن ثم طبق هذا التتابع علي معظم القارة الأفريقية.

وهناك عدد من الأسباب تجعلنا نشك أو حتي نرفض هذا النموذج البسيط (Fairbridge, 1970) فهناك ثلاث نقاط نظرية تشير إلي أن الفترات الجليدية كانت في الحقيقة أكثر جفافا: فإنخفاض مستوي سطح البحر يؤدي إلي سيادة الظروف المناخية القارية وبالتالي زيادة الجفاف، ثم إن إنخفاض مستوي سطح البحر وإمتداد الجليد إلي البحر يؤدي إلي قلة التبخر في سطح المحيط وبالتالي قلة المطر، ثالثا : فإن برودة مياه المحيط بحوالي ٥°م في المتوسط يؤدي إلي قلة البخر وقلة الأعاصير وبالتالي قلة المطر (Wyrwoll and Milton ,1976). وأكثر من هذا، فإن التحفظات التي نتجت عن هذه الأسس، يبرهن عنها في مناطق معينة بواسطة الأدلة الترسيبية و الجيومورفولوجية. فقد تعرضت الأجزاء الوسطي في كثير من الأنهار المدارية العظيمة للإطماء خلال الفترة الجليدية الأخيرة مثال ذلك النيل، السنغال ، السند ، الجانج وناربارا، وكانت الأنهار غير قادرة علي نقل حمولتها لقلة مياهها. ثانيا: إحتوت العينات اللبيةالعميقة التي أخذت من المحيط الأطلنطي عند البرازيل علي كميات كبيرة من الفلسبار ٢٥ - ٦٠٪ في البليستوسين المتأخر بينما كانت ١٧ - ٢٠٪ في الهولوسين، مشيرة بذلك إلي أن عملية التجوية الكيميائية كانت أقل فاعلية في البليستوسين المتأخر وقد يرجع هذا إلي قلة الأمطار. ثالثا: أن التحليل الإشعاعي الكربوني الحديث والدراسات الكيميائية للبحيرات المدارية تشير إلي أنها كانت في الغالب جافة خلال أواخر البليستوسين وأنها وصلت إلي أعلي مستوي لها في أواخر العصر الجليدي وما بعد الجليدي وليست خلال الأوج الجليدي.

ويبدو أن بحيرة فيكتوريا كانت ملحية حتي ١٢٥٠٠ سنة مضت و متوسطة العذوبة حتي ١٠٥٠٠ سنة مضت ثم تعرضت للجفاف منذ ذلك الوقت حتي تعرضت للرطوبة في الفترة ما بين ٩٥٠٠ إلي ٦٥٠٠ سنة ماضية (Kendall, 1969). وبالمثل فإن الكثبان الحفرية في كثير من المناطق الصحراوية يمكن مضاهاتها بالفترة الجليدية الأخيرة. ففي الهند أمكن

المضاهاة بواسطة الوسائل الأركيولوجية، وفي أفريقيا وعن طريق العلاقة بين الكثبان والرواسب البحيرية، وفي السنغال أمكن المضاهاة بإنخفاض مستوي سطح البحر، بينما في أستراليا فقد لوحظ في كل من نيوسوث ويلز وغرب أستراليا أنه يمكن تتبع الكثبان الرملية أسفل رواسب طينية عند مصبات الأنهار، مما يشير إلي أن الكثبان كانت نشطة في فترة إنخفض فيها سطح البحر خلال إحدي الفترات الجليدية. وكذلك في الخليج العربي وخليج عمان فقد أوضح بحث لقاع البحر وجود بقايا كثبان رملية سيفية seif علي قاع البحر (Saarnthein, 1972). وقد أرخت هذه الكثبان علي أنها أرسبت قبل الفيضان الهولوسيني وتدل بهذا علي الفترة الجليدية الأخيرة.

وثمة دليل آخر تم الحصول عليه من دراسة تركيب النظائر في المنخريات العالقة في عينات لبية عميقة من قاع البحر الأحمر وخليج عدن. وتشير الدراسلت التي قام بها Deuser وأخرون عام ١٩٧٦ أنه خلال المرحلة شديدة القارية والتجلد القطبي في أواخر البليستوسين، شهد البحر الأحمر تبخرا بمعدلات عالية. وبين قمتي الجليد، كانت الملوحة في البحر الأحمر مساوية أو أقل منها في المحيطات المفتوحة. ويشير هذا إلي أن الفترات ما بين الجليدية في العروض العليا عاصرت الفترات المطيرة في المنطقة.

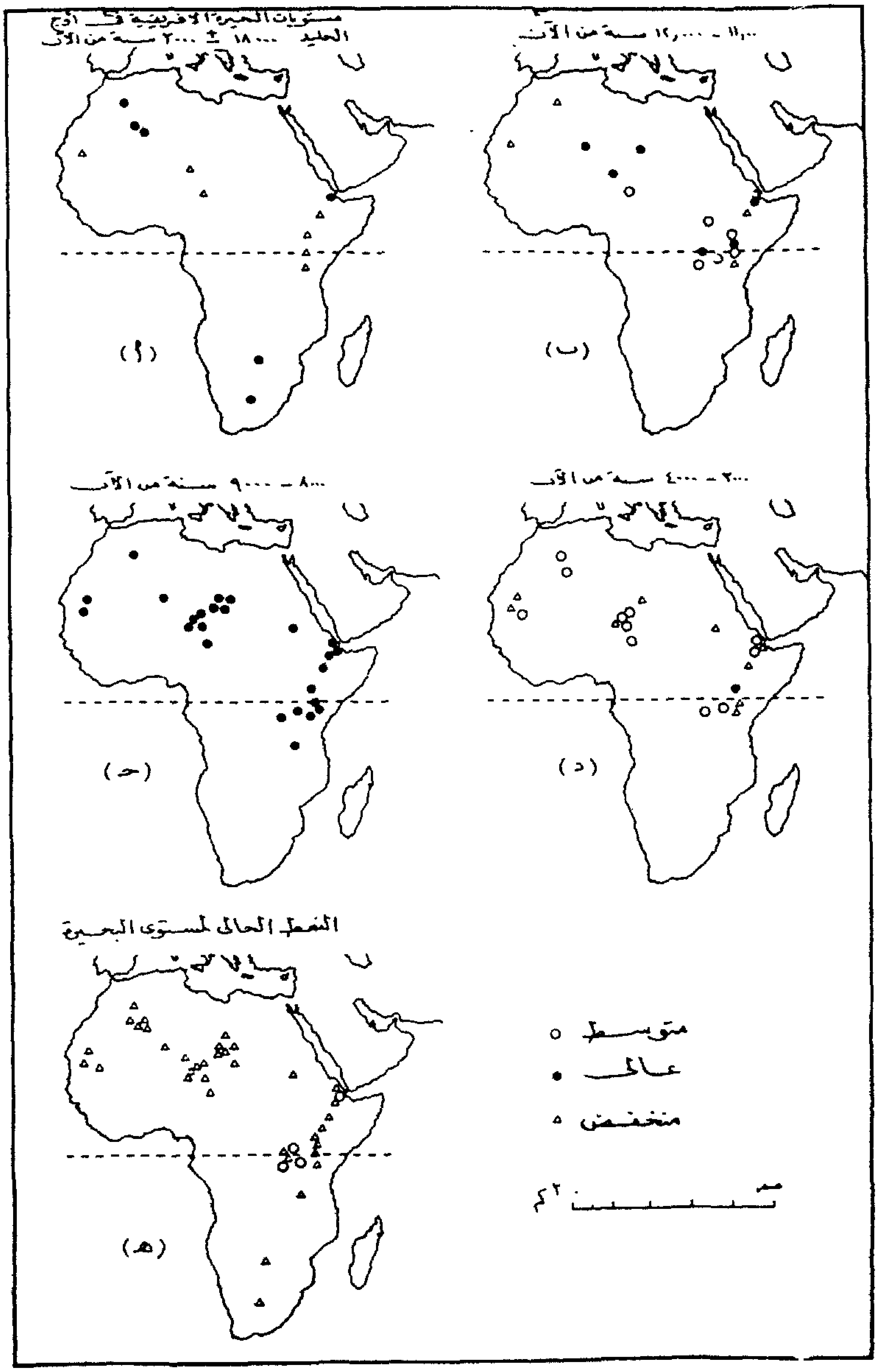
ويوضح جدول ٣-٣ محاولة لمقارنة بعض التواريخ الراديومترية للفترات الجافة في أواخر البليستوسين. وهذه تؤيد إلي حد كبير الدليل علي تقابل إنخفاض مستوي سطح البحر وتكوين الكثبان الرملية، ولاشك أن التواريخ المذكورة لكثبان حفرية ، فيما عدا كولمبيا ، حيث أن التواريخ تشير إلي تغيرات نباتية . كذلك في Galapagos وبحيرة Nakuru في كينيا حيث تم الحصول علي البيانات من عينات لبية لرواسب البحيرات وتسجيل لمستوي الشواطيء.

وحل مشكلة الفترات الجليدية - المطيرة قد يكون مكانيا، حيث أنه من المحتمل أن زحزحة نطاقات الرياح والضغط قد أدت إلي جعل بعض الأماكن أكثر رطوبة بينما جعلت أماكن

جدول ٣-٣

تواريخ الفترات الجافه (مابين المطيره) فى أواخر البليستوسين

المصدر	الموقع	التاريخ سنة ماضية
Singh(1971)	راجستان (الهند)	قبل ٩٢٥٠
Michel (1968)	السنغال	بعد حوالى ٣٠٠٠٠
Williams and Polach,1971	جنوب شرق أستراليا	قبل ٣٠٠٠٠
Twidale, 1972	بحيرة آير (أستراليا)	بعد ٢٣٠٠٠-٢٥٠٠٠
Butzer,1972	تشاد	بعد ٢٢٠٠٠-١٢٤٠٠
Butzer,1972	شمال شرق أنجولا	بعد ٢٨٠٠٠-١٢٩٧٠
Van der Hammen, 1972	كولومبيا	٢١٠٠٠-١٣٠٠٠
Colin vaux, 1972	جالاباجوس	قبل ٢٤٠٠٠-١٠٠٠٠
Isaac,Merrick and Nelson, 1972	بحيرة ناكورا - كينيا	١٩٠٠٠-١٢٠٠٠
Bowler, 1976	أستراليا	٢٥٠٠٠-١٣٠٠٠
Rognon,1976	صحراء شمال أفريقية	٢٠٠٠٠-١٢٠٠٠



شكل (٣ - ٨) التأريخ بالكربون المشع لتذبذب مستوى سطح البحيرات فى أفريقيا من ١٨٠٠٠ سنة حتى الآن .

أخري أكثر جفافا. ولعل الدليل علي هذا أنه في السبعينات من هذا القرن علي سبيل المثال، نرى أن مرور سنوات جافة في منطقة الساحل وبعض مقاطعات في شمال غرب الهند عاصرت سنوات رطبة في النطاق الإستوائي الإفريقي وفي جنوب الهند. ولفهم الظروف الجغرافية وتتابع الأحداث من فترات رطبة وأخري جافة خلال البليستوسين اتبع Street and Grove سنة ١٩٧٦ أسلوبا ينطوي علي تتبع مستوي البحيرات الأفريقية علي مدي فترات مختلفة بإستخدام الكربون المشع. وقد توصلوا إلي بعض النتائج المثيرة (شكل٣-٨). فعند أوج الجليد منذ ١٨٠٠٠ سنة كانت الشواطىء الشمالية للبحر المتوسط جافة وسادها شجر Artomisia وهو نباتات الإستبس ولهذا فإن في هذة المنطقة يتعاصر أوج الجليد مع جفاف شديد. فرغم هذا فبعض التواريخ الرديوكربونية للمستويات المرتفعة للبحيرات علي الجانب الشمالي للصحراء الكبرى (جنوب البحر المتوسط) يشيرإلي أن هذه المنطقة شهدت العكس تماما. وهناك كذلك المنطقة الداخلية من جنوب أفريقيا التي شهدت ظروفا رطبة إبان قمة الجليد، حيث كانت الظروف الرطبة أكثر قدرة علي التغلغل بعيدا داخل اليابس عنها في الوقت الحالي نتيجة زحزحة تيار بنجيولا نحو الشمال، ويبدو أن بحيرة ماكاري كيري كانت مرتفعة المنسوب خلال هذه الفترة. ورغم هذا فقد شهدت المناطق المدارية في إفريقيا (وربما في قارات أخري كذلك) إنخفاض مستوي البحيرات والجفاف منذ حوالي ١٨٠٠٠ سنة. وقد حلت ظروف المطر بهذه المنطقة مع أجزاء أخري في أفريقيا منذ حوالي ٨٠٠٠ - ٩٠٠٠ سنة ويبدو أنها كانت عظيمة الإتساع.

وفي مناطق مختلفة يبدو أنه علي غرار وجود فترات التوقف stadials والتقدم-interstadials في المناطق الجليدية فقد كانت هناك فترات مطيرة قصيرة أو عديمة المطر في المناطق الغير جليدية - وإن كان هذا يعمل علي تعقيد المحاولات البسيطة التي ترمي لربط الفترات الجليدية بالجفاف أو الرطوبة. ولا شك، أن هناك بعض الأدلة علي أن الفترات المطيرة Pluvials كانت قصيرة (غالبا ٢٠٠٠ - ٥٠٠٠ سنة) وتقل أو لا توجد أدلة علي أن الفترات المطيرة (أو الغير المطيرة) أمضت طوال الفترةالجليدية الأخيرة بأسرها. ولهذا فإنة لابد أن

تتخلي تماما عن التتابع الذي إقترح بين الحربين العالميتين ليربط بين الفترات المطيرة في أفريقيا والفترات الجليدية في أوربا.

التغيرات الحيوانية والنباتية في المناطق المدارية:

أدت التغيرات البيئية الشديدة التي عرضنا لها خلال هذا الفصل إلي تغيرات في توزيع الحيوانات والنباتات في المنطقة المدارية، بحيث أصبح نمط توزيعها مثيرا وشاذا. ولعل المثال الكلاسيكي هو توزيع التمساح في أفريقيا. فقد شاع وجوده في كل أنهار هذه القارة من ناتال حتي النيل. ويوجد اليوم في مستنقعات جبال تبستي في قلب الصحراء علي بعد ١٣٠٠ كم من كل من النيجر أو النيل وفي منطقة معزولة تماما. وليس هناك أي إحتمال هجرة طبيعية عبر صحار قاحلة لها هذه الظروف الهيد رولوجية، ولهذا فمن المحتمل أن ظروف المطر قد لعب دورا.

وثمة مثال آخر من أفريقيا يوضح كيفية إنعزال نباتات جبال شرق أفريقيا. فشجرة الخلنج Heath (Erica arboea) المميزة توجد في مناطق غير متصلة منها جبال روانزوري والجبال الحبشية وجبال الكميرون في غرب أفريقيا وجبال جزر الكناري وبالإضافة إلي هذا التوزيع المبعثر في أفريقيا يحتل هذا النبات مساحات واسعة في أوربا من أيبريا حتي البحر الأسود. ومرة أخري، يبدو أن تغيرات الحرارة والمطر فيما بعد الجليد أدت إلي هذا الوضع. وبشكل عام، ونظرا لخصائصها التضاريسية، فيبدو أن القارة الأفريقية قد تأثرت إلي حد كبير بإنخفاض درجات الحرارة خلال الفترات الجليدية.

فهبوط درجة الحرارة بمقدار ٥° م قد يؤدي إلي هبوط النبات الجبلي الرئيسي من أرتفاع ١٥٠٠ متر إلي ٧٠٠ أو ٥٠٠ متر .(Moreau , 1963) وبدلا من أن تحتل عددا كبيرا من المساحات المبعثرة كما كانت علية فيما بين الفترات الجليدية فقد إحتلت نطاقا مستمرا من

الحبشة حتي الرأس Cape مع إمتداد حتي الكميرون. كما أن الكتلة النباتية الذي يقتصر تواجدها علي الأراضي المنخفضة تضم في الوقت الحاضر أنواعا لا توجد علي إرتفاع أكثر من ١٥٠٠ متر، ولا بد أنه خارج غرب أفريقيا وقد إقتصرعلي هوامش ساحلية وفي منطقتين منعزلتين داخليتين هما السودان وأواسط حوض الكونغو.

وثمة تغيرات أخري رئيسية هي التي أصابت النبات الأفريقي، وقد تكون نتيجة تغيرات في الرطوبة وكذلك في الحرارة. ففي غرب أفريقيا، حيث إستطاعت العروق الرملية الضخمة في صحراء شمال أفريقيا أن تزحف علي حوالي ٥٠٠ كم من المناطق الساحلية الأكثر رطوبة، فإن حركة النطاقات النباتية نحو الجنوب كان لها أثرها القوي علي النباتات والحيوانات ومما لا شك فيه ، أنه في الوقت الحالي يلاحظ أن الغابات المطيرة في غرب أفريقيا لا تمتد نحوالداخل أكثر من ٥٠٠ كم. وإذا كان النظام العام للنطاقات النباتية وقد تزحزح إلي الجنوب بمقدار ما تحركت الكثبان الصحراوية، لذا فإن كل غابات غرب أفريقيا لا بد أن تكون قد أزيلت حتي خط الشاطئ. ولكن غني الغابات حاليا في غرب أفريقيا ووجود العديد من الأنواع المستوطنة يؤكد أن هذا لا يمكن حدوثه ولا بد أن تأثير التقدم نحو الجنوب كان هائلا. ويعتقد Moreau أنه من المحتمل خلال الفترة الجافة التي تقدمت فيها الكثبان الرملية إلي الجنوب من حدودها الحالية امتدت سافانا الشاطيء التي يقتصر وجودها حاليا علي مساحات قليلة محدودة، لتزيل غابات غرب نيجيريا وتتصل بفجوة داهومي، مؤدية بذلك إلي وجود فجوة تمتد لأكثر من ١١٠٠ كم بين غابات غينيا العليا والأراضي المجاورة في الكاميرون.

هذه التغيرات البيئية وما نتج عنها من بيئات جديدة، وعزلها أنواع من النباتات والحيوانات في مساحات محدودة أدت إلي تطور وظهور أنواع مستوطنة endemic يقتصر تواجدها كليا في مساحة معينة. ويتبع هذا كذلك، أنه كلما زاد فترة العزلة وكلما زادت تأثير الحواجز، زاد تباعد الأنواع المحلية عن الأنواع الأصلية. وفي الحالات القصوى قد تتطور السلالات المستوطنة أو حتي العائلات وتصبح قاصرة علي نطاقات صغيرة نسبيا. ويكتمل التطور إذا تحول عضوان أو أكثر من النوع الأصلي تشمل الجزء التناسلي وعندئذ يتوقف

التهجين، ولهذا تبقي مختلفة وقد تستمر في تحولها حتي لو عملت الظروف علي إلتقائهم مرة ثانية. ويمكن تتبع بعض أمثلة علي هذه العمليات التطورية المرتبطة بالتغيرات البيئية في البليستوسين في المنطقة المدارية من خلال دراسة حيوانات غابات الأمزون وبحيرات شرق أفريقيا. وفي نطاق الغابات المطيرة في أمريكا الجنوبية هناك في الوقت الحاضر بعض الأنماط الخاصة speciation المثيرة التي تشمل طيور وأشجار وفراشات وسحالي (Haffer, 1969 ; Prance, 1973; Broun, et al, 1974) ويبدو أن هذه الأنواع نتجت عن تغيرات في طبيعة وإمتداد الغابات المطيرة في الزمن الرابع. هذه المناطق التي يطلق عليها مناطق الإتصال الثانوي فيما بين الأشكال المميزة من الطيور والسحالي عرفت هذه المناطق بأنها مناطق التدرج أو أحزمة التهجين وهي مناطق تنحية الخصائص، أو أنها المناطق قليلة التجانس بين الحيوانات المتقاربة. وفي منطقة الأمزون يوجد تطابق مثير في مواقع مناطق الأتصال الثانوي بين مجموعات متنافرة من الطيور، منها Cracidate, Tucanets, Parrots, Cotingids, Manakins. وفي معظم الكائنات المتناسلة جنسيا المهجنة مثل الطيور يمكن التمييز في حالة إذا كانت الأنواع معزولة عن بعضها. وعليه، يمكن أن نفترض أنه في المنطقة التي نجد بها إتصالا ثانويا وتداخلا بين أشكال مميزة مما يشير إلي المكان الذى إنفصل فيه الشكلان في الماضي. وإذا كانت المنطقة الحديثة تتداخل مع ظاهرة فيزيوغرافية يمكن تمييزها مثل سلسلة جبلية أو بحيرة كبيرة أو نهر وهكذا فمن المحتمل أن هذه الظاهرة كانت حاجزا أمام حركة الجينات. ومع ذلك، ففي غابات الأمزون لانجد أن منطقة التداخل بين الأنواع المختلفة تتطابق مع أي ظاهرة طبيعية أو إيكولوجية يمكن رؤيتها. وعليه يمكن لنا أن نفترض أن الحاجز الذي وجد في الماضي لم يستمر لفترة طويلة. وتشير الدراسات الجيومورفولوجية الحديثة أنه خلال بعض فترات البليستوسين كانت غابات الأمزون التي تتميز اليوم بالتجانس فوق مساحة واسعة كانت مبعثرة علي مساحات أو بقع متناثرة تفصلها مساحات شديدة الجفاف (شكل ٣-٩) وإمتدت منطقة السافانا بشكل كبير .(Van der Hammen, 1974) وكانت هذه البقع المنعزلة الصغيرة من الغابات، مركزة في المناطق المناسبة هيدرولوجيا ومثل هذه المناطق هي

شكل (٣- ٩) ملاجئ أواخر البليستوسين خلال الفترات الجافة مستنتجة من فصائل طيور الأمزون والنباتات الخشبية .

التي مكنت التميز Differentiatian من أن يؤثر علي مختلف الأنواع في المنطقة (Vuil-leumier,1974). وقد مكنت عودة ظروف المطر، الغابات أن تنتشر مرة ثانية وسمحت للأنواع المعزولة سابقا لكي تندمج مع بعضها ثانية في مناطق الإحتكاك الثانوي.

إن فاعلية مثل هذا التمزق في الغابة المطيرة في خلق أنواع مميزة من الطيور في غابة الأمزون قد يعتمد إلي حد كبير علي المعدل الذي تسير به عملية التطور. ويقترح Haffer (١٩٦٩) أنه في ظل ظروف مناسبة قد تتم عملية التميز والفصل في الطيور في مدة ٢٠٠٠٠ إلي ٣٠٠٠٠ سنة أو أقل. وهذا التقدير ينطبق بشكل أساسي وليس علي الإطلاق علي الطيور الجواثم Passerine ذات المعدل العالي من التوالد والقدرة المتفوقة علي التطور. وإذا كان هذا صحيحا إلي حد ما فيعني أن التخصيص والتميز قد يحدث خلال فترة ما بين جليدية واحدة وأنه خلال الزمن الرابع بأكمله فقد تكون طيور الامزون قد تعرضت للفرزspeciated عدة مرات.

ولعل ما نستخلصه من هذا المفهوم الجديد عن تبعثر الغابة المطيرة بواسطة الجفاف البليستوسيني، أنه كان نتيجة مجموعة متنوعة غير عادية من العوامل المختلفة قد تحتاج إلي مزيد من الدراسة وعلي هذا الأساس توصل الأنثربولوجيون إلي أن الجفاف قد خلق مشاكل في الموارد الإقتصادية وأنه لعب دورا في النمط الحالي للتوزيع الحضاري.

السمك الأفريقي وتغير المياه الأفريقية :

جرت أبحاث لما يقارب أربعون سنة عن التغيرات البيئية في شرق أفريقيا لما قد يكون لها من تأثير علي توزيع الحيوانات المائية في البحيرات العظمي. فخلال الفترات المطيرة أو البحيرية لابد أن أحواض الأنهار والبحيرات في شرق أفريقيا اتصلت ببعضها البعض أكثر مما هي عليه الآن. أما خلال الفترات ما بين المطيرة فقد جفت البحيرات جزئيا أو كليا وقل الإتصال بين المسطحات المائية. ومثل هذا التغير لابد وأن يؤدي إلي تعاقب إتصال وإنعزال الحيوانات، ثم أن جفاف أي بحيرة جفافا كاملا لابد أن يؤدي إلي فناء الكثير من الأنواع وبدراسة أنواع

الأسماك الحالية وحفريات الأسماك والتماسيح، يمكن التعرف علي تتابع هذه التغيرات ويمكن فهم مواضع الشذوذ في جغرافية الحيوانات (Beadle, 1974) .

ومع أن بحيرة رودلف المغلقة التي تقع بين كينيا وأثيوبيا لاتتصل بالنيل حاليا فإن بها حيوانات تشبه تلك الموجودة في النيل وتفسير هذا التشابه أن منسوب سطح المياه في هذه البحيرة كان أعلي مما هو عليه الآن. ويدل علي هذا وجود آثار شواطيء قديمة. فعندما كانت البحيرة علي منسوب أعلي اتصلت بالنيل من خلال فتحة ضيقة عبر نهر السوباط وقد جفت هذه المنطقة الآن . وهناك إثني عشر نوعا مستوطنا من الأسماك في كل من بحيرة رودلف والنيل وتنقسم هذه الأنواع في مجموعتين فرعيتين subspecies. كما يلاحظ وجود أسماك النيل في بحيرات ستيفاني وأبايا وتشامو وكل منها كان علي إتصال ببحيرة رودولف (Grove, Street and Goudie, 1975) .

وثمة موقف أكثر تعقيدا في بحيرة كيفو، فقد أدت الأحداث التكتونية إلي انفصالها عن النيل واتصالها بنهر الكونغو. وكيفو فيما مضي كانت علي إتصال ببحيرة ادوارد والنيل عبر نهر Ruchuru. ومنذ فترة وجيزة نسبيا إنسابت بعض اللافا البركانية من سلسلة جبال بيرانجا لتغلق منفذ بحيرة كيفو إلي النيل ومن ثم ازداد إرتفاع البحيرة التي فاضت نحو الجنوب لتتصل ببحيرة تنجانيقا ولهذا تحوي بحيرة كيفو بعض الأسماك المميزة في النيل مثل barbel هذا رغم إنفصالها عن النيل في الوقت الحالي.

وجفاف البحيرات يفسر الفوارق بين الحفريات الحيوانية وما هو موجود الآن كما يساعد علي فهم أسباب عدم وجود بعض الأنواع في أحواض بعض البحيرات. علي سبيل المثال نجد أن بحيرة ادوارد في أوغندا خالية من التماسيح رغم تواجدها في بحيرة فكتوريا ونهر السمليكي. وأنه لمن الصعب القول أن التماسيح لم تستطع المرور خلف مضيق السمليكي إلي ادوارد ولكن من المحتمل أن المساقط المائية في المضيق والغابات الكثيفة علي كلا الجانبين كانت بمثابة عائق أمام حركتها ورغم هذا ففي حفريات شواطيء قناة كازنجا توجد العديد من أسنان وفك وعظام التمساح الذي عاش في هذه البحيرات يوما ما ويمكن تفسير عدم تواجده

حاليا بجفاف البحيرة ووجود الحواجز الطبيعية التي لم تسمح بعودتهم. كذلك يحتمل أن إضطرابات بركانية عنيفة أدت إلي فنائهم.

وقد أوضح Kendall وآخرون (١٩٦٩) أن بحيرة فكتوريا قد تعرضت للجفاف في أواخر البليستوسين. كما أن دراسة العينات اللبية لبحيرات أخري أوضحت أن مياهها إزدادت قاعدية alkaline إن لم تكن قد جفت في وقت ما. والأسماك الوحيدة التي استطاعت أن تنجو من الجفاف الشديد في الفترات ما بين المطيرة قد يكون mud - Fish, Lung - Fish حيث أنها تستطيع الحفر في الطين وتعيش لفترة طويلة. ولهذا نجد أن هذين النوعين هما أكثر الأنواع إنتشارا في كل من النيل والبحيرات في الوقت الحالي ومازالوا يعيشون أعلي وأسفل شلالات مارشيسون وسمليكي وما عدا هذين النوعين فقد ماتت أنواع عديدة من الأسماك نتيجة الجفاف.

ولعل من أكثر الأدلة علي سرعة عملية فرز الفصائل speciation نجدها في بحيرة Nabugabo وهي عبارة عن حوض ضحل علي الشواطئ الغربية لبحيرة فكتوريا ، إنفصل عن البحيرة منذ حوالي ٤٠٠٠ سنة نتيجة نمو حاجز رملي. وخلال هذه الفترة القصيرة تطورت ثلاث أنواع جديدة من Haplochromic.

وفي أجزاء أخري في أفريقيا يوجد مزيد من حالات الشذوذ في التوزيع الجغرافي للحيوانات مما يثير الإهتمام. فعلي سبيل المثال، توجد بعض فصائل من الأسماك يشيع وجودها في كل الأحواض الرئيسية في الحزام السوداني والسنغال وغامبيا والفولتا والنيجر وتشاد والنيل. والأسماك تكاد تكون متشابهة في هذه المنطقة الشاسعة. ومما يدهش حقا أن النيل يفصله عن بحيرة تشاد مسافة تزيد من ١٦٠٠ كم من الأراضي الصحراوية، هذا التشابه يمكن أن نفسره بوجود مزيد من أنهار البحيرات خلال الفترات الرطبة أكثر من الوقت الحالي والتي وفرت الإتصال الضروري (Beadle, 1974). ومما أثار دهشة علماء الحيوان اكتشاف البعثة الفرنسية في أوائل هذا القرن إنتشار حيوانات مياة عذبة فقارية علي نطاق واسع في حفر مائية دائمة بل ومنعزلة اعتبارا من بسكرة حتى تبستي في الصحراء الكبري حيث تمثل بقايا الأسماك المدارية الأفريقية مثل Tilapia, Clarias lazera, Desfontainesii, As-

Totilapia. Zillli. والتي تنتشر علي نطاق واسع في أفريقيا المدارية والتى تعرضت للعزلة نتيجة نقص الرطوبة (Beadle, 1974, p. 157)

قراءات مختارة

(١) معلومات عن ٢٠٠٠٠ سنة الأخيرة :

- Grove, A.T (1967)The last 20000 Years in the tropics. British Geo morphological Research Group, Special Publication No 5. ed..by A - Harvey.
- Flint, R.F (1963) Pleistocene Climates in Low latitudes, Geogrephical Review 53,123 -9.
- Butzer.KW (1961)Climatic change in arid regions since the Pliocene, Arid Zone Research (UNESCO) 17,31 -56.
- Fairbridge R.W (1970) World climatology of the Quaternary, Revue de Geographie Physique et de Geologie Dynamique 12(2), 97 - 104.
- Williams M.A T (1975) Late Pliestocene tropical aridity synchronous in both hemispheres. Nature 253, 617 - 18.

(٢) معالجة إقليمية عن الخصائص العامة للتغيرات البيئية فى العروض الدنيا

-Butzer K.W (1958) Quaternary Stratigraphy and climate in the Near East, Bonner geographische Abhandlungen , 24 (157 PP)
- Galloway R.W (1965) Late Quaternary climates in Australia ,journal of Geology, 73, 603 - 18.
- Monod. T (1964) The late Tertiary and Pliestocene in the Sahara, in F-C. Howell and F. Bourliere (eds) Background to human evolution, 117 - 229.

- Grove, A.T and Warren , A (1968) Quaternary Land Forms and Climate on the south side of the Sahara, Geographical Journal 134 , 194 - 208.
- Grove, A.T (1969) Land forms and climatic change in the Kalahari and Ngamiland, Geogrophical Journal ,135, 191 - 212 -
- Goudie, A.S; Allchin, B .and Hedge, K. T. M. (1973) the Former extensions of the Great Indian sand Desert, Geographical journal 139, 243 - 57.

٣- تأثير التأريخ بواسطة الكربون المشع علي تاريخ البحيرات المرتبطة بالمطر في أفريقيا.

- Grove, A.T and Goudie. A (1971) Late Quaternary lake levels in the rift valley of Southern Ethiopia and elswhere in tropical Africa. Nature, 234. 403 - 5.
- Butzer K.W, et al, (1972) Radiocarbon dating of East African lake levels, Science 175, 1069 - 75.

٤- التغير البيئي في المناطق المدارية وأثره علي الإنسان والحيوان والنبات.

- Deevy, E.S (1949) Biogeograpy of the Pliestocene, Bulletin Geological society of America, 60, 1315 - 416.
-Moreau R.E (1963) Vicissitudes of the African biomes in the late Pliestocene, Proceedings Zoological Society of London 141 .392 - 421.
- Deevey, E.S (1949) living records of the I ce age, Scientific Amcrican (May).
- Beadle L.C (1974) The inland waters of Tropical Africa : an introduction to tropical limnology.

الفصل الرابع

التغير البيئى فيما بعد الجليد

> "لأن الزمن الرابع ليس قطعة من السلامى فلن يكون تقيسمه ذا فعالية ، وإذا كان لابد من ذلك فليس هناك ثمة داع لأن نعقد العمل ولابد من الاسترشاد بوسائل التأريخ الدقيق " C. Vita-Finzi (1973, P. 47).

هل يتميز الهولوسين بمناخ ثابت ؟

لم تكن نهاية الفترة الجليدية الأخيرة ،نهاية تغير بيئ جوهرى ، ومن هنا فان أى تغيرات رئيسية قد تكون موضع شك ، فنرى ريكس (1970) Raikes يذهب إلى أن المناخ العالمى منذ ٧٠٠٠ سنة كان مشابهاً لما هو عليه الآن ، ويرى أن الاستثناء الوحيد للتغيرات المحلية كان نتيجة تذبذب مستوى سطح البحر لأسباب إيوستاتيكية وأيسوستاتيكية ، وكل التغيرات التى حدثت منذ حوالى ٧٠٠٠ سنة كانت محلية عشوائية ، قصيرة .

وقد ارتاب Raikes فى نتائج حبوب اللقاح والأدلة الحيوانية والنباتية التى تساق للدلالة على التغيرات المناخية إبان الهولوسين .وقد أصاب عندما أشار إلى أن الانسان قد أثر على النباتات وأن الحيوانات مؤشرات ايكولوجية ضعيفة ، وأن تركز السكان فى وادى السند يمكن تفسيره من خلال أدلة غير مناخية .ومع ذلك يتجاهل Raikes أو يتجاهل إلى حد كبير كثيراً من الأدلة عن التغيرات المناخية الهولوسينية فى كثير من بلدان العالم .

وهناك سلسلة كاملة من بقايا الحيوانات والنباتات التى تشير مثلاً ، إلى الارتفاع النسبى فى درجة الحرارة خلال الفترات الدافئة ، كما أن هناك عدداً كبيراً من تواريخ الأشعة الكربونية التى توضح التذبذبات فى الفترات الجليدية التى تشير إلى فترات هولوسينية رطبة فى المناطق المدارية وما دون المدارية كما أن هناك الأرصاد الجوية والهيدرولوجية الحديثة التى تشير إلى تغيرات وتذبذبات فى القرنين الماضيين (الفصل الخامس) . ومثل هذه الادلة برمتها تشير بوضوح إلى

أن فكرة الاستقرار أو الثبات البيئى الهولوسينى فكرة لايمكن الدفاع عنها .ويهتم هذا الفصل بكل من الادلة على التغيرات الهولوسينية ، وبطبيعة وتأثير هذه التغيرات حيث يبدأ بدراسة طبيعة وتأثير الانتقال من البيئة الجليدية إلى غير الجليدية ثم نتعرض لبعض الأحداث الرئيسية فى الهولوسين .

الانتقال من المرحلة الجليدية الأخيرة :

كما سبق ورأينا أن الفترة الجليدية الاخيرة انتهت منذ ١١٠٠٠ - ١٠٠٠٠ سنة ، وربما بلغت أوجها منذ ١٨٠٠٠ سنة وتميزت هذه الفترة الجليدية الاخيرة بتذبذبات مختلفة ، وفترات Interstades قصيرة ، منها Erie Interstadial فى غطاء لورن تايد (منذ حوالى ١٦٠٠٠ سنة) وفترتى Creeks فى منطقة البحيرات العظمى (منذ حوالى ١٢٨٠٠ - ١١٨٠٠ سنة) وفترة Berezayka (١٨٢٥٠ سنة) وفترة Ula or Somina (١٦٠٠٠ سنة) وفترة Raunis (١٣٣٩٠ سنة) فى الاتحاد السوفيتى (شكل٤ - ١ أ) وفترة Lascaux فى فرنسا (١٦٠٠٠-١٧٠٠٠ سنة مضت) كما أن هناك فترات Interstadi-als أخرى قصيرة دل عليها Camp Century Ice Core المأخوذ من جرينلاند (١٣١٠٠ إلى ١٤١٠٠ و ١٤٩٠٠ سنة من الآن) .

وفى أوربا (جدول ٤-١) نرى عدداً من الفترات الباردة البارزة التى عاقت تراجع الجليد الإسكندنافى ، وعدداً من فترات التوقف Interstadials القصيرة التى تراجع الجليد خلالها بسرعة .فمثلاً نجد أن The South Scanian Lang-land وركامات Pomeranian الداخلية ، تنتمى إلى Older Drayas (المنطقة الأولى) مع أن Ra النرويجية ووسط السويد وركامات Salpaussellka تنتمى إلى younger Drayas (المنطقة الثالثة) . وفى بريطانيا شهدت Younger Drayas تجلد الحلبات فى مقاطعة البحيرات Lake District وويلز ، بينما شهدت Older Drayas عودة تقدم الثلاجات فى اسكتلنده (The Perth-Aberdeen ويوضح شكل ٤-١ أ ، ب الاتجاه العام لتذبذب درجات الحرارة الذى ارتبط بهذه التذبذبات كما يظهر أن هناك زيادة فجائية فى درجة الحرارة منذ ١٠٠٠٠ سنة .

جدول ٤ – ١

التتابع الكلاسيكى الهولوسينى فى أوروبا

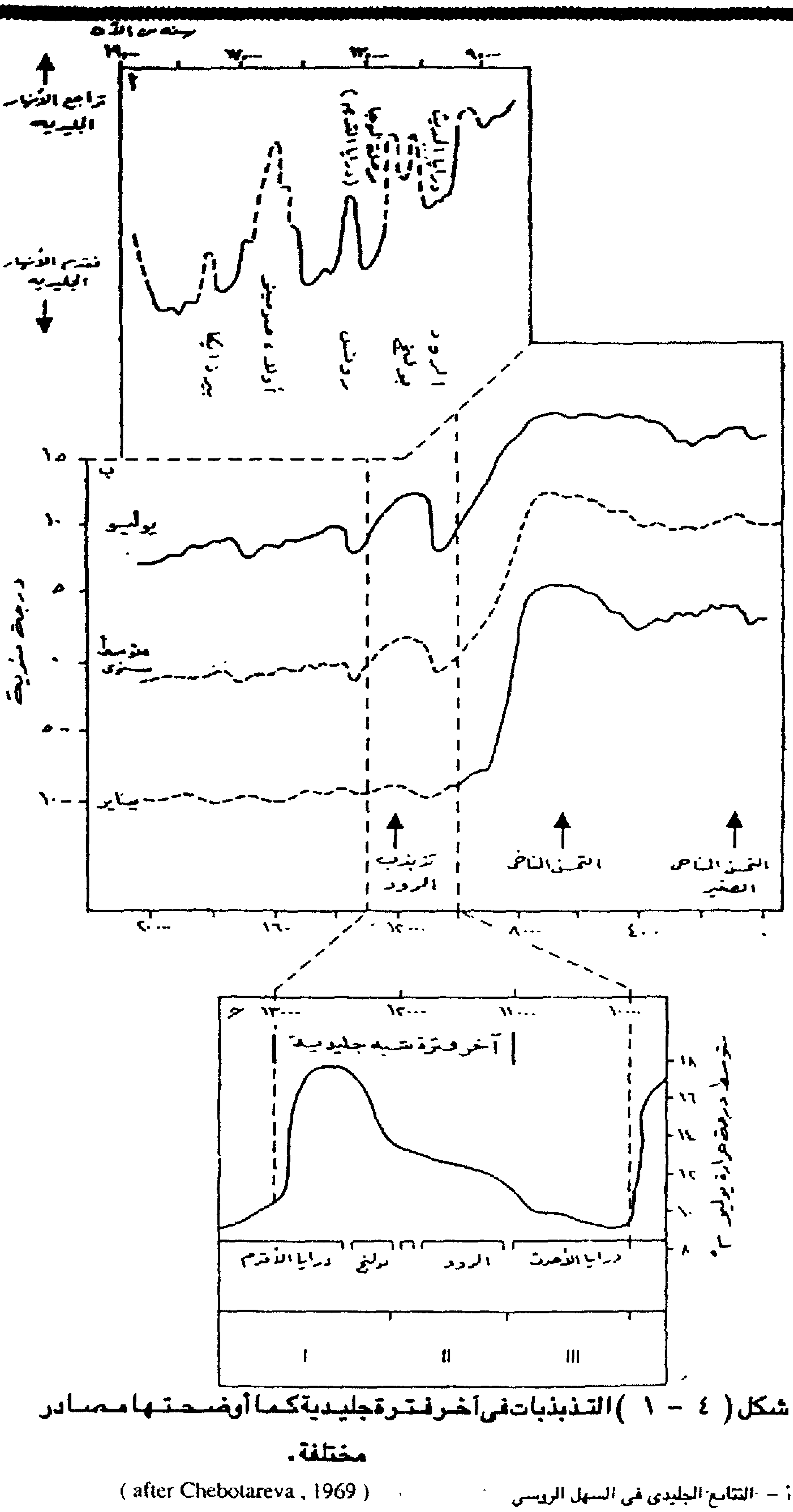
المحطة	رقم المنطقة	اسم النطاق حسب نموذج Blytt - Sernander	التاريخ بالكربون المشع (سنوات ماضية)
ما بعد الجليد	التاسعة	مادون الأطلنطى sub - Atantic	بعد ٢٤٥٠ سنة
	الثامنة	sub Boreal	٢٤٥٠ – ٤٤٥٠
	السابعة	أطلنطى Atantic	٤٤٥٠ – ٧٤٥٠
	السادسة	late Boreal	٧٤٥٠ – ٨٤٥٠
	الخامسة	Early Boreal	٨٤٥٠ – ٩٤٥٠
	الرابعة	Pre - Boreal	٩٤٥٠ – ١٠٢٥٠
أواخر الجليد	الثالثة	Younger Drayas	١٠٢٥٠ – ١١٣٥٠
	الثانية	Allerod	١١٣٥٠ – ١٢١٥٠
	الأولى ج	Older Drayas	١٢١٥٠ – ١٢٣٥٠
	الأولى ب	Bolling	١٢٣٥٠ – ١٢٧٥٠
	الأولى أ	Older Drayas	

After Embelton and King, 1967 and other sources.

ومازالت خصائص وشواهد ومضاهاة فترات التوقف Interstadials فى الفترة الجليدية الاخيرة اموراً تحتاج إلى توضيح ، ولعل التقسيم الكلاسيكى الثلاثى الذى يقسم هذه الفترة إلى نطاقين باردين تفصلهما فترة أكثر إعتدالاً Interstadia، جاء نتيجة وجود قطاع نموذجى فى Allerod شمال كوبنهاجن ، حيث وجدت طبقة من صلصال عضوى بحيرى بين طبقتين من الصلصال إحتوت كلاهما حبوب لقاح Octopetula ترجع لمنطقة Draya وهو نبات يتحمل ظروف البرد الشديدة بينما احتوى الصلصال البحيرى على بقايا نباتات باردة معتدلة تحوى شجر البتولا birches وكانت هذه المرحلة معتدلة نسبياً أطلق عليها اسم Allerod Interstadial . وهذه الفترة وما تلاهاYounger Draya يطلق عليها أحياناً تذبذب Allerod . وسبق هذه الفترة واحدة أصغر Interstadial تسمى Bolling أمكن التعرف عليها فى بعض أنحاء أوروبا وعلى أساس دراسة النباتات بذلت محاولات لإعادة تصور طبيعة سطح الأرض فى أوربا خلال فترة ألرود Allerod ولعل مقارنة شكلى(٤-٢و ٢-٩) قد تكون ذا فائدة .فقد إنكمشت الغطاءات الجليدية إلى حد كبير إذا ماقورنت بفترة الأوج ولكن مازال سطح البحر منخفضاً ومازالت بريطانيا متصلة بالقارة والدانمرك لاتبدو مقسمة إلى مجموعة من الجزر ونباتات التندرا قليلة الإنتشار ورغم ذلك فالغابات الصنوبرية تبدو منتشرة فى النصف الجنوبى من فرنسا وجنوب المانيا وشمال بولندا كما احتلت شجرة البتولا كثيراً من أراضى شمال فرنسا وشمال المانيا .ومازال معظم فينوسكانديا مغطى بالجليد .

وتواجهنا الآن مشكلتين ، الأولى :هل هناك دليل على تواجد دورة ألرود Allerod خارج أوربا ، فبينما يبدو أن هناك دورات مختلفة على الحواف الخارجية للجليد فى أمريكا الشمالية إبان الفترة الجليدية الاخيرة فمن الصعب أن نثبت معاصرتها مع دورة Allerod (Mercer, 1969)، كذلك فإن دراسة حبوب اللقاح فى شرق افريقيا وأمريكا الجنوبية (Coetzec, 1964 and Hammen, 1974) تشير إلى أن هناك تعاصراً مباشراً مع التتابع الأوربى .

المشكلة الثانية المحيرة هى مقارنة كل من الأدلة النباتية والحشرية فى بريطانيا . (Coope. 1975) حيث تؤيد الأدلة الحشرية التغير العام للدورة



شكل (٤ - ١) التذبذبات فى آخر فترة جليدية كما أوضحتها مصادر مختلفة.

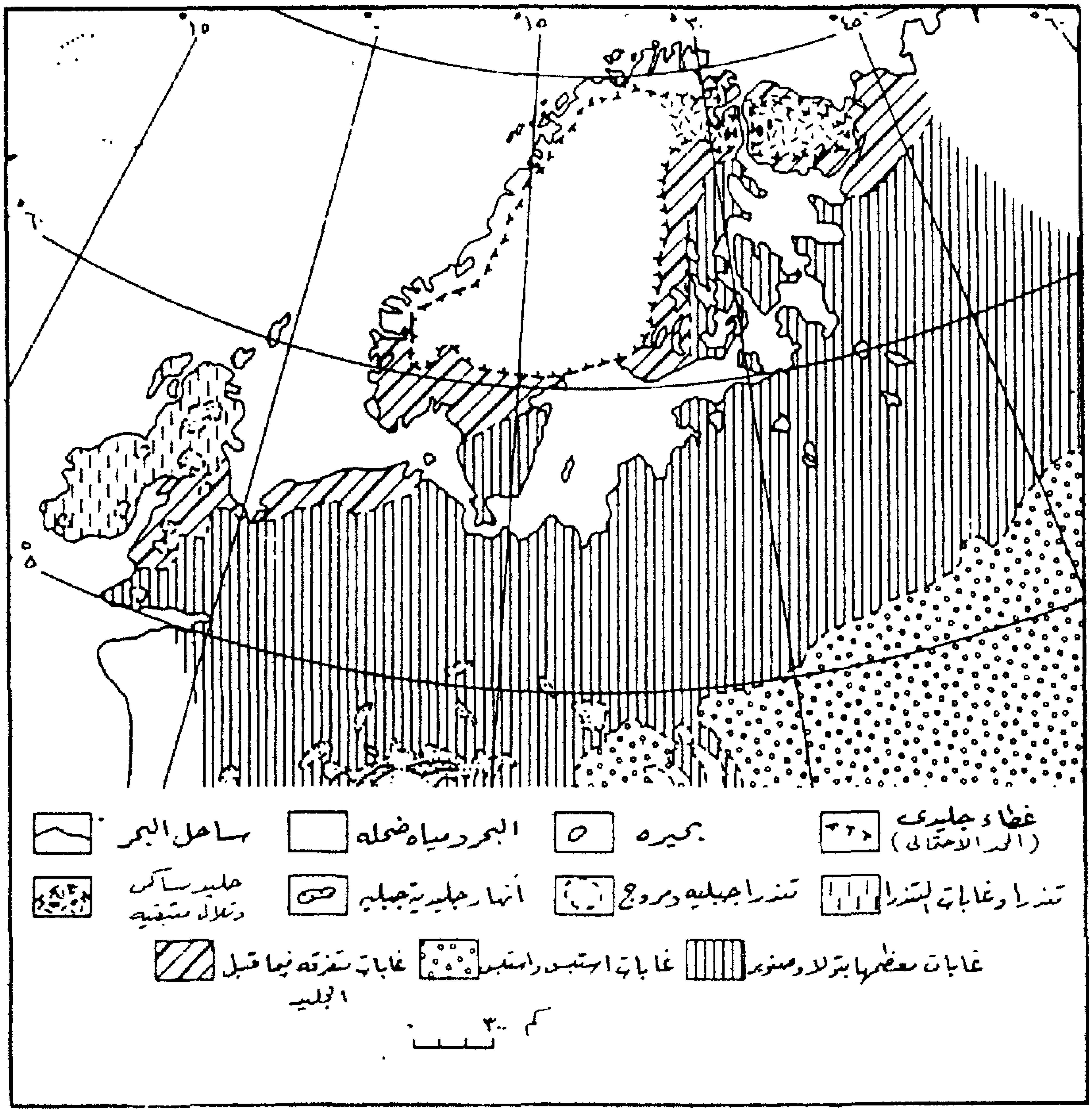
أ - التتابع الجليدى فى السهل الروسى (after Chebotareva , 1969)

ب - الإتجاه التقديرى لمتوسط درجة حرارة الصيف والشتاء خلال ٢٠٠٠٠ سنه الماضيه فى وسط انجلترا (after Manley , 1964)

ح - متوسط درجة حرارة يوليو لوسط إنجلترا على أساس بقايا Coleoptera (after Coope 1975)

المناخية فيما بعد الجليد ولكنها ربما تشير إلى أن أقصى درجة حرارة اختلفت فى كل من التوقيت وفى درجة الشدة عن تلك التى استنبطت من الأدلة النباتية . ففترة الدفء الرئيسيه التى اقترحها Coope تقع بين ١٣٠٠٠ و ١١٠٠٠ سنة (شكل ٤-١ جـ) مع حدوث القمة خلال النطاق الأول . ويرى أن هذه الفترة Interstadial لايمكن مضاهاتها مع كل من دورتى Bolling أو Allerod للقارة ، حيث أن دراسة الحشرات تشير إلى دورة واحدة لاتقابل أى من الدورتين الأوربيتين .فقد بدأت هذه الفترة Interstadial قبل Bolling (Zone Ib) كما بلغت أوجها الحرارى قبلها كذلك .وأكثر من هذا ، فإن المناخ الذى أشارت اليه دراسة الحشرات خلال أقصى إرتفاع للحرارة كان دافئاً بما يكفى لنمو غابات نفضية مختلطة ولكن دراسة حبوب اللقاح تشير إلى أرض أكثر إنفتاحاً يمكن تفسيرها على أنها ذات مناخ يشبه مناخ التندرا .هذا الاختلاف الظاهرى بين المظاهر المناخية الذى أشارت إليه كلٍ من الحشرات والنباتات يمكن تفسيره على أساس أن الحشرات لديها القدرة والسرعة على الإستجابة للتذبذبات المناخية السريعة مقارنة بشجرة البتولا ، مثلاً .ووقت وصول شجرة البتولا إلى مكان ما لابد أنه يرتبط إلى حد كبير بالمسافة من الملجأ الجليدى الذى انتشرت منه عندما تحسنت الظروف المناخية أكثر من زمن إحتياج الظروف المناخية المناسبة لنمو شجرة البتولا .

بعد دورة ألرود Allerod ، أياً كانت ظروفها بالضبط ، فالتقسيم التقليدى يكون بين أواخر الجليد (بليوستوسين) وفيما بعد الجليد (هولوسين - حديث - فلاندريان) . وقد وضع الاصطلاح الكلاسيكى للهولوسين إثنان من الاسكندنافيين هما Blytt & Sernander واللذان تقدما فى نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن الحالى بمصطلحات : Atlantic, Boreal, Sub-Atlantic and Sub-Boreal أطلقاها على ماحدث من ذبذبات بيئية ومازالت هذه المسميات تستعمل على نطاق واسع لأقسام الهولوسين (جدول ٤-١) رغم ما تعرض له هذا الاقتراح من جدل بعض الباحثين الذين يرون أن تتابع الأحداث كان أقل تعقيداً ولايخرج عن كونه تحسن مناخى يتبعه تدهور .وإن كان لابد أن نضع فى الإعتبار أنه نظام scheme أو مخطط للتغير النباتى وليس مخططا للتغير المناخى .كما *اعتمد كل من Blytt and Sernander فى دراستهما على بقايا النباتات ، خاصة* الحفريات الكبيرة الحجم ولهذا فمن المحتمل أن تظهر بعض نقط الضعف نظراً



شكل (٤ - ٢) أوربا الشمالية القديمة خلال فترة Allerod شبه الجليدية . (after Gerasimov . 1969)

لوجود عوامل أخري تؤثر على النباتات غير المناخ مثل تدخل الانسان وتغير التربة بمرور الوقت والتحول من فصائل نباتية قيادية إلى فصائل الذروة خلال التتابع . وكما سبق ولاحظنا فيما يختص بدورة Allerod، فمن المحتمل أن النباتات لم تكن قادرة على الإستجابة بالسرعة المكافئة للتغير المناخي ، حيث أن الهجرة والتوطن يحتاجان إلى وقت .ومن ثم ، فرغم إستمرار إستعمال هذا المصطلح فقد حدث في السنوات الاخيرة تغير جوهري في نموذج . Blytt and Sernander

وفيما يختص بالانسان فقد حدث أثناء إنقشاع الغطاءات الجليدية تغيرات بيئية سريعة على مستوى العالم ويرى (Sauer, 1948) وآخرون أن هذه التغيرات أتاحت في الغالب فرصاً متزايدة ، ومع أن تناقص المطر في بعض المناطق قلل فرص الحياة في المناطق الصحراوية الهامشية فإن زيادة المساحات الشجرية في شمال أوربا أثرت على مجتمعات الصيد في الحجرى القديم الأعلى .

وقد كشف إنقشاع الجليد عن ملايين الكيلومترات المربعة من الأرض في العروض العليا التي أصبحت صالحة للسكنى الانسان .وزادت أعداد طيور الماء المهاجرة زيادة هائلة مع زيادة مساحة الأرض التي وفرت لهم فرص التناسل والغذاء في نصف الكرة الشمالي .وقد أدى الغمر البحرى الناتج عن ذوبان الجليد إلى غمر أجزاء من الرفوف القارية مما أدى بطريق أو آخر لتحسين ظروف الشواطئ بالنسبة للانسان .فشواطئ متنوعة وأكثر تعرجاً لابد أن تؤدى إلى تنوع بيئى ، كذلك فإن غرق مخارج الأودية ونشأة الريا ria تؤدى إلى زيادة تأثير المد وبالتالى إتاحة فرص مناسبة أمام جامعي الغذاء .كما أن نشأة مساحات مائية مغلقة شجعت على محاولات بدائية للملاحة .وكثير من الاودية المائية نمت طولياً وعرضياً ووفرت مواقع مناسبة للغاية لنمو النباتات . (Sauer, 1948) .

التغير البيئى والانتقال من الحجرى القديم الأعلى إلى الحجرى الأوسط :

إن الإنتقال من البليستوسين إلى الهولوسين شهد كذلك الإنتقال من صناعة الحجرى القديم الأعلى إلى صناعة الحجرى الأوسط الأكثر دقة ، ويعتقد (J.G.D. Clark, 1970) فيما يختص بهذا التغير التقني " أنه مما لاشك فيه

أن أكثر العوامل أهمية فى هذا الصدد كانت التغيرات المعقدة فى البيئة الطبيعية التى تميزت بإرتفاع درجة الحرارة فى نهاية العصر الجليدى وتكيف الصائدين مع هذه الظروف . "

وكانت تغيرات درجات الحرارة أهم التغيرات البيئية التى حدثت فى أوروبا حيث استطاعت أشجار الغابات أن تمتد من ملاجئها لتحتل المساحات المفتوحة نسبياً من سطح الأرض فى أواخر الجليد .هذا التغير الناشئ عن زيادة درجة الحرارة فى الهولوسين كان فى صالح صائدى أوروبا .ولاشك أنه فى حالة إنخفاض درجة الحرارة قد يكون الموقف مشابهاً وبالنسبة للمجدلانين Magdalenians المتأخرين ونظائرهم فى السهل الأوربى الشمالى كانوا مهيأين لصيد الحيوان فى بيئة مفتوحة نسبياً لاتغطيها الغابات .هذه البيئة كانت مناسبة جداً لرعى قطعان من الرنه و ثور الاستبس Bison و الحصان .كما أن تطور بعض الأنواع - مثل الغزال الايرلندى الضخم الذى بلغت قرونه حوالى ٣,٤ متر - يؤكد مدى مناسبة ظروف الرعى .ولابد أن تقدم الظروف الغابية فيما بعد الجليد كان متواضعاً وليس مدمراً .وقد أدى إنتشار الغابات إلى قلة كثافة حيوانات الرعى وبدلاً من صيد هذه الحيوانات على هيئة قطعان فى الغابة أصبح صيدها فردى .ونتيجة لتضائل هذا المورد السهل تطورت الطرق المستخدمة فى الصيد والتى ميزت التغير من الحجرى القديم الأعلى إلى الحجرى الأوسط حيث أستخدم القوس على نطاق واسع وأصبحت السهام المدببة رمزاً لفترة الحجرى الأوسط .وفى هذا الصدد كتب (Clark, 1970) " أن التطابق بين مناخ أواخر الجليد وأواخر العصر المطير ونشأة مجتمعات الحجرى القديم لابد أن تكون عرضية casual أكثر من أن تكون زمنية Temporal حتى ولو كانت حلقات الإتصال الدقيقة غير ظاهرة على الدوام .أما التقاليد التى تكونت خلال ظروف ايكولوجية سابقة فإما أن تختفى أو أن تتعرض للتعديل " .

وفيما بعد الجليد أصبحت درجات الحرارة مناسبة لنشاطات الإنسان فى أقصى شمال غرب أوربا دون غيرها .وقد كان للدفء العديد من المميزات فقد بدأ فى الحجرى الأوسط زحف بشرى نحو اسكتلنده وشمال ايرلنده وفى النرويج وفنلنده والدانمرك حتى سواحل البحر الأبيض .

التغير البيئى فى الهولوسين المبكر وظهور الزراعة :

كان هناك إعتقاد لفترة من الزمن أن الجفاف المناخي المفترض فى الشرق الادنى فى نهاية الجليد والتى سبق وأشرنا إليها ، قد لعب دوراً فى إختيار الانسان طريقة إنتاج الطعام .وقد عبر الأركيولوجى Gordon Child (1954) عن هذا الرأى بقوله "أن التركز الإجبارى حول ضفاف الأنهار والعيون التى نضبت مياهها لابد أن يستلزم بحثاً مكثفاً عن طرق للغذاء . "فالحيوان والانسان لابد أن ترعى سوياً فى الواحات التى أصبحت أكثر عزلة فى وسط الصحراء .كذلك إفترض East , (1938) وهو جغرافى تاريخى أن رد فعل الانسان لظروف الجفاف فى مراعى أفروآسيا حيث تحركت نطاقات المطر نحو الشمال ، يمكن أن يكون أحد الأشكال الآتية : فقد يهاجر إلى أماكن جديدة ، أو قد يبقى حيث كان وإذا إستطاع مقاومة الظروف القاسية لابد أن يعدل حياته ، وقد يفكر فى وسائل عيش جديدة تماماً مثل الزراعة وتربية الحيوانات وقد يكتشف إمكانيات الأراضى النهرية المهملة .

وثمة أبحاث فى جبال شمال أراضي مابين النهرين "دجلة والفرات "أو العراق ميزوبوتميا Mesopotamia تلقى الضوء على هذه العلاقة بين إنتاج الغذاء فى وقت مبكر والبيئة .وقد أوضح Wright ومساعدوه (1968) أن الاجزاء العليا من جبال زاجروس كانت مغطاة بالجليد إبان البليستوسين ولابد أن خط الثلج كان أوطى من الوقت الحالى بما يتراوح بين ١٢٠٠ - ١٨٠٠ متر . وأسفل خط الثلج كان الجو بارداً ولابد أن النباتات الرئيسية كانت تجمعات من الاستبس المنعزلة .وكانت البيئة باردة لاتسمح للانسان بالمعيشة فى الجبال فيما بين ٢٨٠٠٠ ، ١٣٠٠٠ سنة مضت ثم تحولت البيئة من سافانا باردة إلى سافانا دافئة تنمو بها أشجار البلوط والفستق منذ ١١٠٠٠ سنة . مضت كما أوضحت دراسة حبوب اللقاح والرواسب البحيرية التى وجدت فى نفس الوقت عندما ظهرت أول نباتات وحيوانات أليفة .ومن المحتمل أن كلاً من Emmer والشعير وصلا فى نفس الوقت بعد التحسن المناخى واستطاع الانسان أن يعيش فى أى مكان بعيداً عن الكهوف . وفى هذا الصدد كتب Wright, (1960) مايلى -: رغم أننى دائماً كنت أشعر أن التطور الحضارى (تطور الآلات

تدريجياً وأساليب التحكم في البيئة) أقوى من الحتم المناخي في تطور الحضارات القديمة ، إلا أن التطابق بين التغير البيئي والحضاري في هذه المنطقة خلال الفترات الأولى من الإستئناس لايمكن تجاهلها الآن .وثمة مشكلة أكبر ، بالطبع هي أن نثبت أن التغير البيئي كان السبب في الثورة الحضارية . "

أما Solecki, (1963) فقد كتب "أنه كان لابد من وجود عامل قوى أجبر الانسان ألا يكون آكلاً للنباتات Lotus-eater إلى الأبد ويصبح معتمداً على الجمع والصيد حرصاً على البقاء .وفي منطقة الدراسة لابد أن إرتفاع درجة الحرارة لعب هذا الدور . "وقد تحرى Butzer هذا الموضوع بعمق أكثر سنة ١٩٧٢ .

وفي أجزاء أخرى من آسيا هناك تسجيلات لتلك الثغرة التي تفصل فترة الموستيرى Mousterian والحجرى القديم عن الحجرى الأوسط .ففي راجستان في الهند ، على سبيل المثال ، يبدو أن الظهور المفاجئ لأعداد كبيرة من الآلات الحجرية الدقيقة دليل على نهاية فترة مميزة من الجفاف البليستوسيني ، كما أن هناك أدلة على أن بحيرات مياه عذبة في فترة رطبة بدأت من حوالي ٩٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ سنة ويوضح Solecki أنه بعد ١١٠٠٠ - ١٢٠٠٠ سنة "كان هناك فيضاً من مستوطنات العصر الحجرى المتوسط كما في الشرق الادنى ازدهرت قبل ورود الصحراء بعد المطر في المنطقة المسماة حالياً بآسيا السوفيتية ، مستغلة الفراغ الحضارى الواضح . "

مشكلة الإنقراض الكبير في أواخر الجليد وأوائل الهولوسين :

ثمة حادثة رئيسية أخرى ارتبطت بالانتقال من أواخر الجليد إلى ما بعد الجليد وهي موت كثير من الثيدييات على سطح الأرض . وفي هذا الصدد يقول Alfred Wallace (١٨٧٦) " نحن نعيش في عالم فقير في حيواناته اختفت حديثاً أكبرها وأعنفها وأغربها " وقد انبهر كبار الجيولوجيون وعلماء الحيوان من أمثال دارون و ليل و أوين وكوفيير بهذه المشكلة التي حدثت في البليستوسين وهي إنقراض الثدييات إلى حد كبير . (Martin, 1966) أما بالنسبة للباحثين الحاليين فالمشكلة تتعدى حدود تفسير التخفيض الهائل في الفصائل خاصة

تلك كبيرة الحجم والطيور العشبية ، والمهم أنه لماذا حدثت أكبر موجة للانقراض مرة واحدة وفى هذا الوقت خلال ١٥٠٠٠ سنة الماضية ماعدا فى افريقيا وجنوب شرق آسيا التى يبدو أن الإنقراض حدث فيها منذ ٤٠٠٠٠ إلى ٥٠٠٠٠ سنة مضت .

وجدول رقم (٤-٢) يوضح تواريخ بداية موجات الإنقراض الرئيسية كما اقترحها . Martin (1967) ونقطة الجدال الرئيسية ، إذا ماكان هذا الإنقراض أساساً نتيجة تأثير الانسان الصياد أو أنه كان نتيجة التغيرات المناخية المفاجئة والتى حدثت منذ حوالى ١١٠٠٠ سنة .

وهناك أدلة قوية تؤيد تأثير الانسان . (Krantz, 1970) أولاً: خارج قارة افريقيا وجنوب شرق آسيا ، لايعرف الإنقراض الهائل قبل وصول انسان ماقبل التاريخ . وفى امريكا ، مثلاً هناك دليل غير قوى على وصول الانسان من آسيا عبر مضيق بيرنج الذى كان عبارة عن ممر برى منذ ١٢٠٠٠ سنة إلى ١٣٠٠٠ سنة .ومن المؤكد أنه فى حالة حدوث هذا العبور أن أعداده كانت قليلة أو محدودة نسبياً إذا قورنت بالوقت الذى يطلق عليه اسم Clovis Hunters ‏١١٠٠٠ - ١٢٠٠٠ سنة مضت . ويبدو أن الإنقراض فى امريكا الشمالية يتطابق فى الوقت مع وصول الانسان باعداد كافية ومهارات كافية لصناعة الأدوات المناسبة ليستطيع قتل أعداد كبيرة من الحيوانات . وبالمثل ، كان الانسان القديم وكلبه ، الدنجو ، الذى وصل إلى استراليا فى فترة انخفض فيها مستوى سطح البحر فى أوائل مرحلة فيرم الجليدية .وفى افريقيا كان الإنقراض الهائل للحيوانات متعاصراً مع تطور الصيد فى الحضارة الآشولية التى شملت أجزاء واسعة من هذه القارة . وفى أوروبا يشهد على مهارة صائد الحجرى القديم الأعلى هذه المواقع مثل Solutre فى فرنسا حيث يقدر أن طبقة ترجع إلى Late-Perigordian تحوى بقايا أكثر من ١٠٠٠٠٠ حصان .ولعل التركيز على تصوير الحيوانات دون غيرها من الأشكال الطبيعية الأخرى ماعدا المرأة يدفعنا الى الاعتقاد بأن الموارد الاقتصادية كانت تتجه نحو الإنكماش .

وقد زادت قدرة الإنسان على الصيد عندما طور أدوات أكثر دقة وتعلم استخدام النار فى عملية الصيد .وأكثر من هذا ، فقد لاحظ دارون خلال رحلته إلى Beagle أن كثيراً من الحيوانات التى لم تعرف الانسان تتصف بالوداعة والغباء فى حضوره .ولابد أن كثيراً من فصائل الحيوان احتاجت لبعض الوقت لتتعلم أن

جدول ٤ - ٢

التواريخ الرئيسية لإنقراض الثدييات فى كل من البليستوسين والحديث

الموقع	التاريخ سنة من الأن
أمريكا الشمالية	١١٠٠٠
أمريكا الجنوبية	١٠٠٠٠
شمال أوراسيا	١٣٠٠٠ - ١١٠٠٠
أستراليا	١٣٠٠٠
الهند الغربية	وسط مابعد الجليد
مدغشقر	٨٠٠
نيوزيلند	٩٠٠
أفريقيا وجنوب شرق أسيا	٤٠٠٠٠ - ٥٠٠٠٠

After martin, 1967

تفر أو تختبئ عندما ترى الانسان .وبالإضافة إلى تأثير الصيد المباشر فلابد أن الانسان نافس الثدييات فى الحصول على الطعام والماء .

وثمة اعتراضات على مدى تأثير التغير المناخي وهى بدورها تدعم الافتراض السابق – الخاص بتأثير الانسان .أولاً : فقد اتفق أن التغيرات فى النطاقات المناخية تكون تدريجية بما يكفى الحيوانات أن تتحرك مع حركة أو زحزحة النطاقات النباتية والمناخية وذلك بمحض إختيارها .ثانياً :أن التغيرات المناخية المرتبطة بالفترات الجليدية وما بين الجليدية والفتوات المطيرة وما بين المطيرة لاتشير إلى أنها أدت إلى هذا الإنقراض الفجائى .

ورغم هذا فأثر المناخ البليستوسنى على الإنقراض مازال له مؤيدوه وهناك مناقشات هامة يمكن عرضها ، منها على سبيل المثال مايراه Guilday (1967) حيث كتب يقول " فى غياب الانسان كان لابد من حدوث مثل هذا النمط من الانقراض " . ويرى أنه فى نصف الكرة الغربى أن الانسان لم يقم سوى بالدور الاخير فى فناء بقايا الحيوانات المنعزلة التى سبق أن قضت عليها التغيرات البيئية الجليدية . وبمعنى آخر فإن بعض التغيرات البيئية كانت سريعة وكان وصول الانسان معاصراً لهذه التغيرات .

وثمة جدال ثان ضد التأثير الانسانى ، أنه فى بعض المواقع تكون الموانع الطبيعية مثل السلاسل الجبلية الشاهقة التى تمنع الحيوانات من الهجرة مع تغير الظروف تدريجياً او فجائياً نتيجةً للتغير المناخى .أما بقاء الحيوانات الافريقية فى حالة استقرار نسبى حيث مازال هناك أعداد كبيرة من الثدييات الضخمة قد يرجع إلى أن حيوانات ونباتات افريقيا لم يعترضها أى عقبات طبيعية .

ويعتقد دارون فى كتابه أصل الأنواع (١٩٣٩) أنه عندما جاء البرد وعندما كانت كل منطقة جنوبية مناسبة لسكان المنطقة التى تقع شمالها فسيحتل هؤلاء مكان السابقين فى المنطقة الادفأ وسيتحرك الاخيرون ناحية الجنوب إلا إذا قابلهم عقبات وفى هذه الحالة يتعرضون للفناء .وفىأوروباكانت السلسلة الجبلية الممتدة من البرانس إلى Carpathians بمثابة حاجز مثلها فى ذلك مثل البحر المتوسط .

وثمة وسيلة أخرى يمكن من خلالها أن تؤدى التغيرات المناخية الى إنقراض

الحيوانات وذلك بتأثيرها على عادات التزاوج عند الثدييات ، فالحيوانات ذات العادات التزاوجية الجامدة Inflexible غالباً ماتلتزم بموسم الإنجاب لكى تتزاوج .ويرى Slaughter (1967) أن الحيوانات التى تمتد فترة حملها لعدد من الشهور تتأثر إلى حد كبير بفصل الشتاء الطويل والتى تميزت به الفترة منذ ١١٠٠٠ – ٩٥٠٠ سنة حيث أنها تميل للتزاوج فى فصل الخريف وعندما يصل النسل الجديد لاتوجد الحشائش الكافية لغذائهم ولهذا يتعرضون للفناء .أما الحيوانات التى تكون فترة حملها قصيرة (وأغلبها من الحيوانات صغيرة الحجم) تميل أن تنتظر حتى يظهر هناك تحسن فى الطقس قبل أن تتزاوج .ولهذا فمن المحتمل أن الحيوانات الثدييه كبيرة الحجم تناقصت فى أعدادها خلال فترة الإنقراض البليستوسينى .

وثمة سبب آخر من أسباب الإنقراض لابد من اخذه فى الاعتبار وهو المرض .وهذا السبب قد يكون ذا تأثير قوى فى حالة الثدييات كبيرة الحجم نظراً لان معدلات توالدها بطيئة ولاتكون لديها فرصة للتعويض .وقد اقترح أنه خلال الفترات الجليدية انفصلت الحيوانات الى مجموعات متميزة فصلت بينها الغطاءات الجليدية ولكن عندما ذاب الجليد (قبل ١١٠٠٠ سنة فى كثير من المناطق) إتصلت الحيوانات مرة ثانية وانتشرت بينها بسرعة الأمراض التى فقدت المناعة ضدها أثناء العزلة .وثمة موقف مشابه حدث عندما ذهب الاوربييون الأوائل إلى الأمريكيتين حيث نقلوا أمراضاً خبيثة جديدة كان لها أثرها المدمر على السكان الأصليين . وهكذا فإن أى وقت يحدث فيه حركة سريعة نتيجة تغيرات بيئية مميزة مثل تلك التى ميزت نهاية البلستوسين وبداية الهولوسين قد تؤدى إلى زيادة الأمراض .

ويضيف التأريخ الدقيق للحفريات الكبيرة للحيوانات المنقرضة دليلاً آخر يدعم الإفتراض المناخى (Reed, 1970) فالحيوانات الثديية الأوراسية الشمالية مثل الماموث ، Wooly Rhinoceros ، Muck ox، ثورالاستبس Bi son كانت مهيأة للعيش فى مناطق الاستبس الباردة التى كانت سائدة فى شمال أوربا خلال فترة فيرم (ويشسليان)، وكل من هذه الأنواع خاصة الماموث وثورالاستبس استطاعت النجاة خلال الجليد الأخير .ويبدو انها اختفت فى غضون عدة مئات من السنين ، وكل من Wooly mammouth, Wooly rhinoceros, Steppe bison مع الحصان و

كانت مازالت موجودة فى أجزاء من جنوب غرب فرنسا خلال فترة Riendeer, Saiga Bolling ١٢٥٠٠-١٣٥٠٠ سنة مضت) ولكن Wooly rhinoceros, Wooly mam-moth, Giant deer, Stepp bison , Musk ox ، وحيوانات الكهوف المفترسة كانت قد اختفت من غرب أوربا خلال أوائل Drays ١٠١٥٠-١٠٨٠٠ سنة مضت عندما كان المناخ والبيئة العامة مشابهة لمناخ Bollig . ولهذا فإن إختفاء هذه المجموعة من غرب أوربا يمكن أن يشير بدقة إلى الفترة الدافئة Allerod، مع قيودها وقرب إختفاء موطنها .

دفء ما بعد الجليد والإنفصال النباتى :

فى بريطانيا بعض أمثلة جيدة توضح أثر الدف ء – وما ارتبط به من انتشار الغابات – فيما بعد الجليد فى بعثرة بعض النباتات الباردة والتى غطت مساحات شاسعة خلال البليستوسين وأوائل الهولوسين ، من هذه الأمثلة الجيدة منطقتى Burren of Country Clare and Teesdal area اللتان تقعان فى شمال جبال البنين (Seddon, 1971) ورغم اختلافهما الايكولوجى فكلاهما به أنواع معينة من النباتات التى يندر وجودها فى أى جزء آخر من الجزر البريطانية . وأحد هذه النباتات هو Shrubby Cinquefoil (Potentilla fruticosa) وهو أحد نباتات الغطاءات الغابية قليلة التحمل ويوجد باستمرار فى وسط وشرق سيبريا ، وعلى الأرصفة الجيرية فى Burren وعلى ضفاف النهر وعلى الحصى فى Upper Teesdale . وقد استطاع هذا النبات أن يصمد خلال فترة الدفء فيما بعد الجليد و ظهور الغابات Afforestation .

ويتمثل تأثير دفء ما بعد الجليد فى خلق أجمات من بقايا نباتات معينة فى مناطق منعزلة وبشكل جيد فى شجرة البتولا القزمية (Betula nana) وقد وجدت فى أجزاء كثيرة من بريطانيا بين رواسب أواخر الجليد وما بعد الجليد ، ولكنها توجد الآن فى Upper Teesdale وفى جبال اسكتلنده فقط .وبالمثل ، فى شمال غرب أوربا هناك مساحات من بقايا نباتات مشابهة فى الجورا الفرنسية وفى جبال Hartz وعلى لبد نباتى Peat فى Luneburg Heth ويبدو واضحاً أن هذا النبات الذى ينتمى للمجموعة القطبية – الألبية ويوجد بكثرة فى العروض العليا وعلى الارتفاعات الشاهقة فى الألب ، كان هذا النبات فى الماضى أكثر انتشاراً فى الأراضى الواطئة فى أواخر الجليد فى شمال غرب أوربا ولكنها تحركت من كل هذه المواقع فيما عدا المناطق الجبلية

وبعض المناطق الخاصة التى تتميز بظروف ايكولوجية أو مناخية دقيقة معينة .وكان هذا التحرك نتيجة لانتشار أشجار الغابات فى بيئات مناسبة فى السابق .

الانسان والتتابع الكلاسيكى للتغير المناخى الهولوسينى :

رغم أننا سبق وحددنا بعض الطرق التى تأثرت بها التغيرات البيئية خلال مرحلة الانتقال من أواخر الجليد إلى ما بعد الجليد إلى حد كبير على كل من الانسان والنبات والحيوان ، أصبح واضحاً أن الانسان خلال الهولوسين كان عاملاً فعالاً فى التغير البيئى (Pennington, 1969) . ولوقت طويل كان من المعتقد أن انسان الحجرى القديم والحجرى الأوسط كان غير مؤثر إما لقلة عدده فى هذه المرحلة من التطور أو لأنه لايملك الآلات اللازمة .فعلى سبيل المثال فإن الفأس الحجرية القديمة كانت بمثابة سلاح أو آلة عزق ، ولم يكن الانسان حتى تطور الفأس الحجرية الناعمة مسلحاً بآلة ليهاجم الغطاء الغابى فى أوربا أو فى أى مكان آخر (Smith, 1970).

ورغم هذا ، فإن انسان ماقبل الحجرى الحديث امتلك مايسمى بفاس Tranchet والتى كانت مؤثرة فى تقطيع الغابات وان كان اهم من هذا أن انسان الحجرى المتوسط يحتمل أنه استخدم النيران لتوجيه الحيوانات وإخلاء أو تطهير الغابة .ويعتقد كل من (Sparks and West, 1972) أن النار ربما كانت هامة كعامل فى التغير الايكولوجى وربما قبل الحجرى الحديث – ولعل وجود المواقد بانتظام فى المواقع الحجرية القديمة يشير بقليل من الشك إلى أن انسان نياندرتال وتابعيه كانوا قادرين على اشعال النار .

وفى الجزر البريطانية توجد شجرة البندق بكثرة فى الحجرى الأوسط ولاشك أن شجرة Corylus avellana فى أوربا كانت مقاومة للنيران .والجدير بالملاحظة قلة وجود شجر الزيزفون Tilia، حيث تميل حبوبها Pollen إلى الاختفاء فى كثير من المواقع البريطانية فى نفس الوقت الذى يظهر فيه الفحم النباتى ومؤشرات أخرى تدل على نشاط الانسان . (Turner, 1962) وهذا يعنى أن حد النطاقات الكلاسيكية أرقام ٧ ، ٨ فيما بين الأطلنطى و Sub-boreal والتى سبق التعرف عليها بتغير تكرار حبوب لقاح الأشجار قد تكون قليلة أو عديمة الأهمية .وفى سويسرا ، يتعاصر انخفاض منحنى شجر المراق Beech مع أول زراعة فى هذا البلد (Older Cortail

lod Cultre) وقلة شجر Elm فى الدانمرك يتعاصر كذلك مع وصول حضارة Erte-bolle المبكرة Troels (Smith, 1956) . ويمكن تفسير قلة عدد اشجار Elm فى كثير من أنحاء أوربا باستخدام أوراقها كعلف لحيوانات الحظائر منذ ٥٠٠٠ سنة ، وقد تبع هذه المرحلة مرحلة تطهير للغابات على نطاق واسع لتحتلها الزراعة وهو ما يسمى بتطهير لاندنام . Landnam

الزراعة والظروف المناخية إبان الهولوسين فى بريطانيا :

رغم دور الانسان فى تغيير الخصائص النباتية إبان الهولوسين الأوربى ، إلا أن التغير المناخى لعب دوراً لايمكن تجاهله وقد شهدت فترة بوريال Boreal إرتفاعاً ملحوظاً فى درجة الحرارة بعد الظروف شبه الجليدية التى سبقتها ، ويبدو أن الظروف كانت جافة نسبياً و قارية مقارنة بما هى عليه اليوم .وقد شملت الهجرات الشمالية الأولى شجر البندق . (Corylus avellana) ويبدو أن هذا الوضع خلق نوعاً من الأشجار التحتية scrub تحت المظلة الشجرية Canopy التى تكونت من الأشجار الصنوبرية والبتولا أو فى بعض مناطق أخرى اشجار البندق فقط .وفى نهاية مرحلة بوريال ظهرت بعض الأشجار الدافئة مثل elm (Ulmus) والبلوط (Quercus) بأعداد كبيرة ، ويبدو أن هذه الفترة كانت آخر فترة نمت فيها الغابات الصنوبرية بشكل عام فى انجلترا فى تربات مختلفة الأنواع .وفيما بعد ذلك ظهرت الغابات الصنوبرية فى انجلترا وويلز وأيرلنده فى أماكن محلية ويحتمل أنها ظهرت فى تربات أفقر مما هى عليه اليوم .وأثناء الانتقال من مرحلة بوريال إلى الأطلنطية انتشرت شجرتى oak, elm على مسافات أبعد وظهرت أنواع من النباتات الدافئة مثل . Lime Tilia وثمة ظروف جافة أدت إلى إعادة ترسيب الرواسب الهامشية للبحيرات وإلى جفاف المستنقعات ، استبدلت هذه الظروف فى نهاية مرحلة بوريال بظروف أكثر رطوبه ساعدت على نمو النباتات التى تكون اللبد النباتى منها مثل . Eriophorum Sphagnum . وفى الاطلنطى نفسه عندما سادت ظروف دافئة رطبة فى بريطانيا ، حيث كانت تنتشر الأشجار النفضية على السطوح المستوية على ارتفاع ٣٦٠ متر ، حلت محلها نباتات يتكون منها اللبد النباتى، أما على السفوح الشديدة الإنحدار التى تغطيها تربات جيدة الصرف استطاعت الغابات النفضية أن تمتد حتى إرتفاع ٧٦٠ متر على الأقل وفى أيرلندة إمتدت الغابة فوق مساحات كبيرة من

الأراضي المنخفضة التي تغطيها الان نباتات اللبد النباتي والمستنقعات المرتفعة Bogs . وفي هذه الأثناء ندرت الحشائش فيما عدا على ارتفاع ٩٠٠ متر واقتصر وجود النباتات المفتوحة على بعض بيئات خاصة مثل ركامات السفوح وأرصفة الحجر الجيري والحصى الساحلي والرمال والصلصال .بالاضافة إلى ذلك ، فإن معظم صنوبريات انجلترا اختفت وتكونت الغابة من أشجار lime, alder, elm, oak مع البتولا في المناطق الشمالية والغربية مع قليل منها في الجنوب والشرق .وكانت هذه فترة انتشار Tilia على نطاق واسع حيث توفرت لها أنسب الظروف المناخية .وكانت معظم الغابات من Quercetum mixtrum وفي بعض المناطق شجر البلوط فقط ولكن في أماكن أخرى كانت أكثر تعقيداً ظهرت الغابات النفضية مع شجر elm غير منتظمة الإمتداد واقتصر وجود الغابات الصنوبرية في الجهات المرتفعة من اسكتلنده .

وترتبط التغيرات النباتية فيما بعد المرحلة الأطلنطية بشكل أقل نسبياً بالظروف المناخية عنها في كل من المرحلتين بوريال والأطلنطية ، بينما كان للانسان والتربة أهمية متزايدة .وقد سبق وتحدثنا عن دور الانسان كعامل في خلق الفاصل أو الحد بين نباتات مرحلتي الأطلنطي وشبه بوريال أما عن دور تدهور التربة فليس من السهل تقديره أو فهمه ، حيث أن الغسل الشديد Intense Leaching للرواسب الجليدية تحت الظروف الدافئة الرطبة في مرحلة الأطلنطي من المحتمل أنها أدت إلى تطور تربة البودزول وتربات أخرى غير ملائمة للغابات النفضية . (Pearsall, 1964) كما أن وجود طبقات متصلبة من تربة البودزول قد أدى إلى تشبع التربة بالمياه مما يعوق صرف المياه وبذلك زادت حموضتها.

ويمكن أن نتصور أن ثمة أساليب زراعية جديدة قد أدت منذ الحجري الحديث فصاعداً إلى زيادة ظروف البودزول . (Mitchell, 1972) وتربات البودزول بدورها تشجع على ظهور نباتات اللبد النباتي وعملية الحرق والحرث قد تؤدي إلى إنسياب (Release) المعادن التي قد تتراكم كطبقات صلبة .هذه الطبقات الصلبة بإعاقتها صرف المياه قد توفر الظروف المثالية لتراكم اللبد النباتي ، وفي أيرلنده وغرب ويلز هناك حقول حجرية حديثة ومواقع ومقابر Megalithic توجد أحياناً مدفونة تحت اللبد النباتي .ورغم هذا فكل من اللبد النباتي والمستنقعات والتي عاصر تطورها تدهور شجرة elm (٥٣٠٠-٥١٠٠ سنة) لاتوجد عادة فوق طبقات البودزول المتطورة .وثمة عامل آخر

يمكن إضافته تعاصر مع تطور اللبد النباتى كان تطهير الغابة الطبيعية بواسطة انسان الحجرى الأوسط أو الحديث .وهذا قد يؤدى إلى تناقص النتح ويؤدى إلى قلة إعتراض مياه المطر وبالتالى يؤدى إلى توفر كميات من المياه فتعمل على زيادة المياه السطحية ومياه التربة وبذلك توفر الظروف المناسبة لتكون اللبد النباتى .وفى جبال البنين الجنوبية كانت الطبقات السفلى من اللبد النباتى الهامشى (Tallis, 1975) تحوى دلائل كثيرة على اجتثاث النباتات بالحرق وذلك إما بتواجد قطع ميكرسكوبية من الكربون أو قطع نباتية صغيرة متفحمة أو قطع كبيرة من الفحم النباتى .

وبهذا نرى أن تطور اللبد النباتى والذى ساهم فى تكوينه كل من التغير المناخى ونضج التربة وتدخل الانسان فى المناطق المرتفعة، يوضح مدى تعقيد العوامل التى يمكن أن يتضمنها أى تغير بيئى .

التتابع الهولوسينى فى أمريكا :

إنه لمن المفيد أن نقارن التتابع الأمريكى مع نظيره الأوربى والبريطانى .ورغم أن التتابع البسيط الذى تتتابع فيه البرودة مع الحرارة قد لقى قبولاً ، إلا أن هذا التتابع كان معقداً - على الأقل - مثل نظيره الأوربى . ويعرض جدول (٤ - ٣) التتابع الذى وضع فى الآونة الأخيرة للسهول الشمالية العظمى .ويتضح من الجدول أن المصطلحات الأوربية قد استخدمت فى الغالب .وإلى الشمال فى كندا كانت هناك محاولات مشابهة (جدول ٤-٤) لمضاهاة التتابع الأمريكى بالتتابع الأوربى ، وقد اقترح أن الانسان كان أقل تدخلاً فى الهولوسين الكندى حيث أن التتابع الكندى يعطى إنطباعاً واقعياً عن دور التغير المناخى فى تطور نباتات مابعد الجليد . وبإستخدام التتابع الكندى كمقياس أو أساس يمكن لنا أن نقدر دور الانسان كمنافس للمناخ فى بعض التغيرات النباتية الرئيسية مثل تدهور Ulmus . وفى وسط كندا يبدو أن هناك تغيرات يمكن مضاهاتها بتلك الموجودة فى أوربا : فامتداد الغابات بين ٦٥٠٠ و ٥٠٠٠ سنة مضت على سبيل المثال يضاهى جزءاً من الفترة الأطلنطية فى أوربا ، بينما تراجع الغابات منذ ٢٥٠٠ سنة من الآن فيبدو أنه يضاهى ظروف البرودة والرطوبة والظروف المحيطية فى الفترة شبه الأطلنطية الأوربية

جدول ٤ – ٣

التغيرات البيئية الهولوسينية فى السهول الوسطى فى الولايات المتحدة

جليد كامل		إلي ١٢٠٠٠ سنة مضت
أواخر الجليد		١٢٠٠٠–١٠٥٠٠ سنة
(تقدمات بسيطة مثلTwo creeks Velders , أشجار البيسية الصنوبرية في السهول الشمالية)		
ما قبل البوريال	أقصي تعمق للحشائش نحو الشرق ٧٠٠٠سنة مضت	١٠٥٠٠–٩١٤٠
بوريال	وامتداد الفصائل الصنوبرية والنفضية إلي الشمال من	٩١٤٠–٨٤٥٠
الأطلنطية	مواقعها الحالية .	٨٤٥٠–٤٦٨٠
شبه بوريال	برودة – تراجع الحشائش إلي موقعها الحالي تقريباً .	٤٦٨٠–٢٦٩٠
شبه أطلنطية	قد تكون أكثر رطوبة .	٢٨٩٠–١٦٩٠
Scandic	عوده إلي ظروف الأطلنطية المبكرة – أكثر جفافاً	١٦٩٠–١١٠٠
Neo-Atlantic	استمرار المناخ الادفا ولكن قد يكون اكثر رطوبة	١٠٠٠–٧٦٠
Pacific	تحرك نحو ظروف اكثر جفافاً .	٧٦٠–٤١٠
Neo-Boreal	ابرد – اكثر رطوبة	٤١٠–١١٥
Recent	زيادة قوة الغربيات الجافة ، أدفا ، وأجف	١١٥–

After Hoffmann and J. Knox Jones,1870

جدول ٤ – ٤

التغيرات البيئية فى وسط كندا وشمال غرب أوروبا

وسط كندا	سنوات مضت	شمال غرب أوروبا
تراجع الغابات ، امتداد التندرا ، توقف نمو اللبد النباتي.فى بحيرة Ennadi .		سطوح متكررة ، اختفاء الأراضي الخضراء .فترة جليدية قصيرة
	٧٠٠	
امتداد طفيف للغابات نحو الشمال		طبقات من اللبد النباتي
	١٥٠٠	
تراجع الغابات إلى جنوب Ennadi .		سطوح متكررة ، تقدم جليد الألب
	٢٥٠٠	
تبادل البرودة والدفء		تبادلات من المناخ البارد والدافئ وسطوح متكررة وطبقات من اللبد النباتي
	٣٥٠٠	
تراجع طفيف للغابات		تدهور Ulmus
	٥٠٠٠	
امتداد الغابات كثيراً نحو الشمال .		استمرار المناخ الأمثل
	٦٥٠٠	
نمو سريع وهجرة الغابات بسرعة .		بداية مناخ مثالي أدفأ فترة فيما بعد الجليد
	٨٠٠٠	

After Nichols,1967

الهولوسين في شرق افريقيا :

ظهر في العقد الماضي مجموعة من الدراسات التي استخدمت حبوب اللقاح لدراسة التغيرات المناخية النباتية في جبال شرق افريقيا وقام بأول هذه الأعمال Bloemfontein School من جنوب افريقيا وقد أوضح هذا العمل أنه يمكن مضاهاة أحداث أواخر الجليد وما بعد الجليد في جبال شرق افريقيا بالتتابع الأوربي وفي عملية حفر في مستنقع Kaisungor في جبال Cherangani أمكن التوصل إلى التتابع المشار إليه في جدول (٤-٥) . وبعد ذلك بقليل درست عينة لبية من بحيرة Sacred على الجانب الشرقي من جبل كينيا (Goetzee, 1964) حيث أوضحت هذه الدراسة أن الغابات الجبلية بدأت في تطور واضح بعد ١٠٥٨٣ سنة مضت (معاصرة بذلك نهاية أواخر الجليد وبداية فترة Pre-Boreal الأوربية) وحلت محل الحشائش ونباتات المروج .وبالمثل فقد أشارت دراسة عينة لبية من مستنقع Muchoya في أوغنده (٢٢٥٦ متر) إلى تغير من الحشائش الجبلية الى غابات Hagenia منذ حوالي ١١٠٠٠ سنة وهذا يتضمن تغيراً من مناخ بارد جاف إلى ظروف رطبة دافئة . (Morrison, 1968)

ورغم ما سبق من أدلة فإن المضاهاة فيما بين القارات كما جاء في (جدول ٤-٥) تتعرض للنقد الشديد من جانب لفنجستون (Livingstone, 1967) الذي قرر أنه "ليس هناك قواعد واضحة لمضاهاة تفصيلية لأى من النبات أو المناخ بين منطقة وأخرى على أساس التتابع الحراري المتفق عليه للمناطق الرطبة " . ورغم هذا فإن التغيرات الملحوظة في حبوب اللقاح سواء تلك التي توصل اليها باحثي جنوب إفريقيا أو آخرين تعني أنه خلال الهولوسين كانت المناطق الجبلية في شرق افريقيا غير مستقرة نباتياً وربما مناخياً وحيوانياً ، مشابهة في ذلك باقي المناطق المدارية وكما في أوربا يبدو أن نباتات الغابات كانت أكثر إمتداداً في جزء من الهولوسين عما هي عليه الآن مع وجود فترة ازدهار فيما بين ٥٠٠٠ و ٢٦٥٠ سنة مضت ثم تراجعت فيما بعد ذلك .

ما بعد الجليد في الصحراء الكبرى والمناطق المجاورة :

ساد إعتقاد منذ مدة طويلة أن الصحراء الافريقية الشمالية شهدت ظروفاً مناخية أكثر رطوبة عما هي عليه الآن مرة أو أكثر خلال الهولوسين وقد استخلص هذا الرأى من بعض الحقائق مثل انتشار النقوش على الصخور ومن الآلات الحجرية والأدوات الأخرى

جدول ٤ – ٥

التغيرات البيئية الهولوسينية فى الجبال الأفريقية الشرقية

التاريخ سنة مضت	النباتات	المناخ عند ٢٩٢٦ متر	المقابل الأوربى
	خط أشجار هابط	رطب أصبح بارداً	شبه أطلنطية
٢٦٥٠			
	إزدهار غابات	أدفأ أبرد	شبة بوريال
٤٩٦٠			
	غابات مغلقة – خط أشجار صاعد	أدفأ رطب إرتفاع	أطلنطية
٧٧٤٠			
	خط شجرى حول المستنقعات	أكثر حرارة مع رطوبة مرتفعة نسبية	بوريال
٨٦٢٥			
	نباتات مفتوحة – خط شجر أسفل المستنقعات	بارد وجاف	Younger Drayas
٩٩٩٠			
	Composite Maximum	أدفأ وجاف	Allerod-older Drayas
١٠٧٩٠			
	أوج الحشائش . نباتا البيئة	بارد وجاف بارد جداً وجاف	Bolling

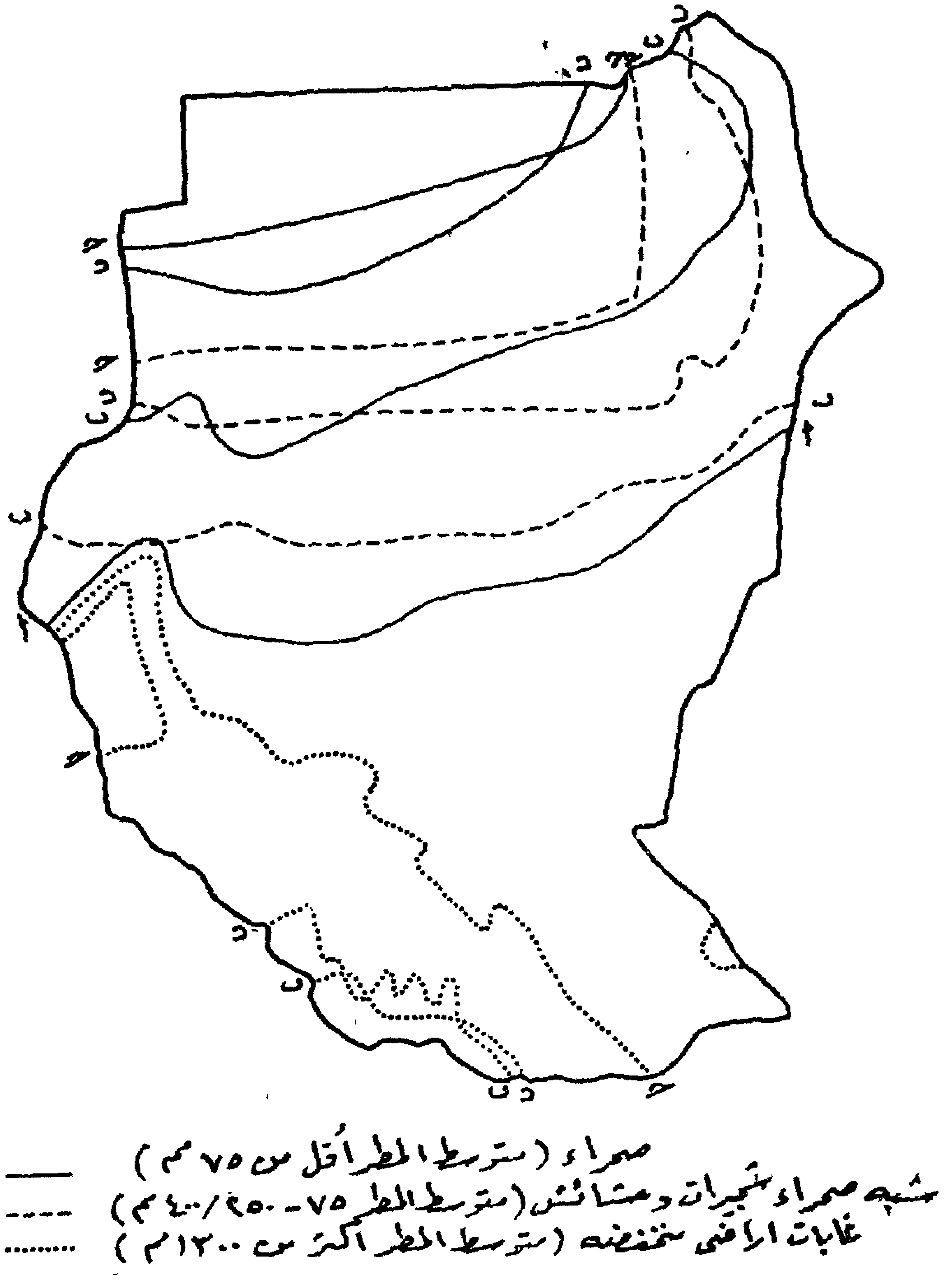
After Van Zinderen Bakker, 1962.

التى تركها الانسان فى مناطق تقع بعيداً عن مصادر المياه اليوم .ومن الحيوانات التى تنتشر فى النقوش :الفيل ووحيد القرن ، الفرس والزراف .وينظر إلى هذه الحيوانات على أنها دليل على وجود نباتات سافانا مزدهرة ومتوسطة .كما أن تحليل حبوب اللقاح وإن كانت محدودة ومحل شك ، فقد أيدت الادلة الاركيولوجية حيث وجدت حبوب Aleppo pine وأشجار أخرى فى رواسب الهولوسين فى مناطق الاحجار والجبال الاخرى .وهناك عدد كبير من تحديد الأعمار بالكربون المشع لرواسب بحيرية فى جهات مختلفة فى الصحراء والتى تمكننا من وضع تتابع للأحداث مع قليل من التأكد عن ذى قبل . وعلى أساس الأعمار Dates فى كل من تشاد ، Tenere، وادى النيل ، وادى Saoura والأحجار .أنه كانت هناك ثلاث فترات بحيرية فى أوائل الهولوسين (قبل ٨٥٠٠ سنة ماضية ومن ٧٠٥٠ - ٤١٥٠ ومن ٣٥٥٠ - ٢٤٥٠ سنة) وكانت الزراعة خلال هذه الفترات أكثف مما هى عليه الآن .

وفى الصحراء إلى الغرب من النيل توجد العديد من بقايا جنوع أشجار السنط ، (Tamarisk) وكذلك الجميز (Ficus sycomorus) والملفت للنظر أن بقايا الجنوع هذه يبلغ قطرها ٣٠ - ٤٠ سم وكثافتها تتراوح بين ٥-١١ جذعاً لكل هكتار مما يشير إلى سافانا مفتوحة وجدت فى ظروف شبه مطيرة توجد حالياً على بعد ٢٠٠كم نحو الشمال بعيداً عن الأماكن التى يمكن أن تنمو فيها هذه النباتات اليوم (Butzer, 1961).

وفى الواحات الخارجة توجد رواسب سميكة من التوفا الغنية بالكلس وحولها أو فيها توجد أدوات حجرية حديثة بأعداد كبيرة .وهذا يشير إلى مستوى مياه جوفية أعلى وأعداد كبيرة من السكان .ويرى فيور (Faure, 1966) أن فترة الحجرى الحديث فى الصحراء الكبرى كانت ملائمة لنشاط الانسان .

وتشير البيانات الواردة فى شكل (٤-٣) إلى مدى أهمية فترة الحجرى الحديث المطيرة مقارنة بالفترات المناخية الأخرى والتى سبق مناقشتها .ويوضح هذا الشكل حدود النطاقات النباتية الرئيسية فى السودان كما وضعها Wickens (1975) على أساس الادلة البيولوجية القديمة .ويوضح الخط (ب) أن الحدود الحالية فيما بين الصحراء وشبه الصحراء والأعشاب وغابات المناطق المنخفضة تقع إلى الجنوب من حدود الفترة المطيرة التى سادت منذ ٦٠٠٠ - ٣٠٠٠ سنة مضت والتى يرمز لها (د) . وعلى الجانب الآخر فحدود النباتات فى الفترة شديدة الرطوبة فى الهولوسين (ج) توجد على مسافة



شكل (٤ - ٣) تغير المناطق النباتية في السودان في أواخر البليوستوسين والهولوسين

أ - فترة جافة ٢٠٠٠٠ - ١٥٠٠٠ سنه من الآن

ب - الوقت الحالي

ح - فترة شديدة الرطوبة ١٢٠٠٠ - ٧٠٠٠ سنه من الآن

د - فترة رطبة ٦٠٠٠ - ٣٠٠٠ سنه

(after Wickens , 1975)

نحو الشمال من حدود الفترة المطيرة الحجرية الحديثة .وعموما ، فيبدو أنه خلال هذه الفترة شبه الرطبة كانت الأحزمة المناخية والنباتية إلى الشمال من مواقعها الحالية بحوالي ٢٥٠كم .

الهولوسين في شمال الهند :

بصرف النظر عما جرى فى شرق إفريقيا من دراسات فهناك دراسات قليلة على حبوب اللقاح فى المناطق المدارية ، من هذه الدراسات تلك التى قام بها سنج (Singh, 1971) فى الهند ومكنتنا من تقدير طبيعة التغيرات الهولوسينية فى واحدة من أهم مناطق الحضارات القديمة فى وادى نهر السند وشمال الهند . وقد توصل Singh إلى أن الأفكار القديمة الخاصة بجفاف آسيا فيما بعد الجليد لاتنطبق على إقليم راجستان وهناك ، كما فى أى جزء آخر من العالم كان مناخ ما بعد الجليد أكثر جفافاً وأكثر رطوبة عما هو عليه الآن .وقد قامت دراسة Singh على تحليل دقيق لحبوب اللقاح والفحص الاستراتجرافى لرواسب بحيرية منها بحيرة Sambhar (٢٧ ش ، ٧٥ق) وبحيرة Lunkaransar (٣٠ ' ٢٨ ° و ٤٥ ' ٧٣ °) فى راجستان .

وتتمثل الفترة الأولى من الهولوسين فى طبقة سميكة من رواسب كثبان رملية هوائية تحت البحيرات كما تشكل عدداً من الكثبان الحفرية فى الأجزاء الشرقية من راجستان ويبدو أن معظمها تكون قبل وصول انسان الحجرى المتوسط بأعداد كبيرة فى المنطقة الجافة .ومن تحليلين بالمواد المشعة تطابقت نتائجهما مع بعض النتائج فى بعض أجزاء إفريقيا يمكن أن نستنتج أن هذه الفترة الجافة تبعها ترسيب رواسب بحيرية منذ حوالى ٩٠٠٠ - ١٠٠٠٠ سنة وتتفق هذه الأعمار مع الادلة الأركيولوجية التى تدل على أن الانسان إستطاع أن يأتى إلى المنطقة باعداد كبيرة بعد حلول الظروف الرطبة التى أدت إلى تثبيت الكثبان . (Singh, 1971) أما الرواسب البحيرية (٩٢٥٠ ± ١٣٠ و ٩٢٦٠ ± ١١٥ سنة) فهى رواسب مياه عذبة تتكون من صلصال طباقى يحوى حبوب نباتات البردى وحشائش ، وليس بها أى نسبة من الملوحة .كما انتشرت Artemisia التى تنمو الآن تحت ظروف فيها كمية المطر السنوى ٥٠٠مم أو أكثر وتوجد عند أقدام الهملايا ، ونظراً لعدم وجود تداخلات رملية يمكن القول أن النباتات استطاعت تثبيت

الكثبان الرملية .وفى المرحلة الثالثة (٩٥٠٠-٥٠٠٠ سنة مضت) يبدو أن كمية المطر كانت أقل وظهرت نباتات ملحية متمثلة فى رجل الأوز Chenopodiaceae والقطيفة Amaranthaceae . كما شهدت هذه الفترة حرق الأشجار الصغيرة scrub بواسطة الانسان الاول ويشهد على هذا وجود بقايا نباتات متفحمة بين الرواسب .وفى المرحلة الرابعة (IV) عادت ظروف أكثر رطوبة فيما بين ٤٩٥٠ ، ٣٧٥٠ سنة مضت .تلى هذا فترة جافة قصيرة فيما بين ٣٤٥٠ و ٣٧٥٠ سنة مع أدلة على جفاف البحيرات .

وتتعاصر هذه المرحلة الثانوية الأكثر جفافاً مع تدهور حضارة السند (Harappan) التى نمت خلالها مستوطنات بشرية فى كل من موهنجو - دارو و هاربا - كالبنجان : Kalibangan, Harappan, Mahenjo-Daro ويعتقد بعض الاركيولوجيون أن كبر حجم المدن والمستوطنات الأخرى أثناء حضارة Harappa فى الصحراء الهندية دليل فى حد ذاته على ظروف أكثر رطوبة أثناء ازدهار هذه المدن .وعلى سبيل المثال ، تم تقدير عدد سكان Mahenjo-Daro بحوالى ٤٠٠٠٠ شخص ويبلغ محيط المدينة الخارجى حوالى ٥كم .ويبدو أنها كانت فى أوج إزدهارها منذ ٤٠٠٠سنة ، أى خلال الفترة الرابعة (IV) عند Singh التى تميزت بظروف أكثر رطوبة . وقد لجأ أركيولوجيون آخرون لعدد من الأدلة الغير مباشرة لتدعيم نظريتهم على أن التساقط كان أغزر أثناء حضارة Harappan، من هذه الأدلة الرسوم والنحت لصور الحيوانات والنباتات على قطع الفخار وبقايا الحيوانات والأخشاب وبقايا مايشبه السدود على الأنهار، أقامها إنسان ماقبل التاريخ .وان كان كثير من هذه الأدله يثير الجدل ، إلا أنها مع ماتقدم من تحليل حبوب اللقاح قد يكون مفيداً .وسواء كان التدهور المناخى مؤقتا وعرضيا يرتبط بتدور حضارة Harappan فهذه مشكلة أخرى ، ولكن يجب أن نضع فى الإعتبار إلى جانب العامل المناخى دور الفياضانات المدمرة وتدهور التربة نتيجة الإستخدام الجائر.

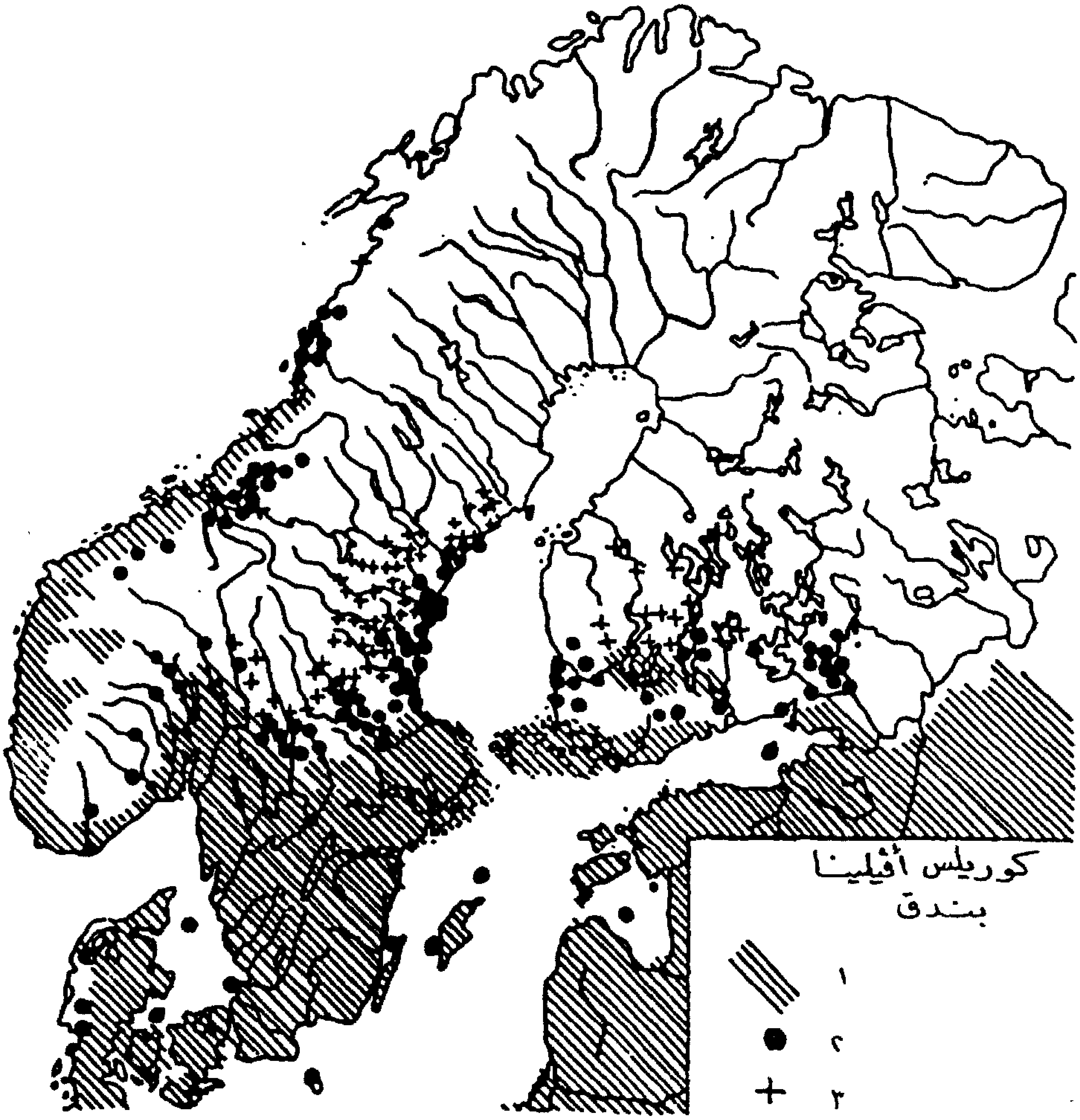
والجدير بالذكر أن بعض أشكال التغير البيئى فى المنطقة الجافة فى شمال الهند لم تكن نتيجة التغير المناخى البسيط فقط ولكن نتيجة لحركة بعض مجارى الأنهار الكبيرة التى تنبع من الهملايا ، فأراضى مابين الأودية فيما بين السند فى الغرب والجانج فى الشرق تبدو هزيلة ولذا فمن السهل أن يؤدى الأسر النهرى إلى تحويل مجرى المياه من نهر إلى آخر . وقد أدت هذه العملية إلى فقدان المياه من بعض أنهار البنجاب لفترة طويلة خلال الهولوسين .ومنذ حوالى ٤٠٠٠ سنة اتجهت مياه نهر Yamuna نحو السند وإلى بحر العرب عن

طريق نهر سمى Chautang امتد من مواقع مدن Hissar، Saratgarh . ومنذ حوالى ١٥٠٠ و ٩٠٠ سنة أسر نهر Yamuna أعالى نهر Chautang ومن ثم تحولت مياهه إلى نهر الجانج .ومازالت القنوات المهجورة القديمة موجودة فى السهل الفيضى فيما بين نهرى Yamuna, Sutlej.

فترة المناخ الأمثل فيما بعد الجليد ثم الجليد الحديث :

أياً كان تتابع التغيرات البيئية التى حدثت فى مناطق مختلفة خلال الهولوسين ، فلعل من أكثر المشاكل إستمرارية وإثارة هى ماتسمى بالمثالية المناخية (Manley, 1966) .

وقد توصل (Praeger, 1892) إلى أن الظروف المناخية كانت أكثر دفئاً خلال أحد فترات الهولوسين عما هى عليه الآن وذلك من خلال دراسته للحفريات الحيوانية فى رواسب طفلية خليجية فى شمال ايرلنده .ومن مقارنة الحيوانات فى خليج بلفاست مع حفريات الشواطئ الحالية فى ايرلنده ، أعطى أول دليل على ارتفاع درجة الحرارة خلال ترسيب طفل خليج بلفاست .وقد توصل الباحثون الاسكندنافيون لمثل هذه النتيجة فيما بعد بفحص الحفريات الحيوانية فى مناطق غارقة فى خليج أوسلو Oslo fjord، كذلك اكتشفوا فى Lapland أن الغابات الصنوبرية فى وقت ما فيما بعد الجليد قد وصلت إلى مناطق يغطيها فى الوقت الحالى شجر البتولا ونباتات ألبية .هذه الفترة المتسعة الطويلة يطلق عليها فترة المناخ الأمثل فيما بعد الجليد The Post-Glacial Climatic Optimum . وقد امتد خط الشجر ٥٠٠ متر أعلى منه حالياً فى شمال أوربا وكادت تختفى التندرا عديمة الأشجار من شمال سيبريا .أما فى النرويج حيث ساد التأثير البحرى فقد قلت عملية إزاحة خط الشجر حيث وصلت إلى ٣٠٠ متر فقط .ومن أكثر الملاحظات أهمية فى هذه الفترة هو ظهور السلحفاة البرية الأوربية (Emys orbicularis) التى انتشرت فى الدانمرك فى هذا الوقت ولكنها اختفت فى المرحلة شبه الأطلنطية ، علماً بأن الصيف البارد المعتم لايناسب الحيوانات إلى حد كبير ، خاصة لكى يفقس البيض (Godwin, 1956) . وثمة دليل آخر هام يشير إلى فترة الدفء فيما بعد الجليد هو توزيع شجرة البندق (Gorylus avellana)، حيث أن توزيعها الحالى فى اسكندنافيا (شكل ٤-٤) يختلف تماماً عما كانت عليه منذ ٥٠٠٠ - ٦٠٠٠ سنة ، حيث امتدت نحو الشمال وارتفعت الى مناسيب أعلى مما هى عليه الآن .



شكل (٤ - ٤) مؤشرات الفترة الدافئة ما بعد الجليد يوضحها توزيع الجليد الحالي وما بعد الجليد لـ Hazelnut

١ - التوزيع العام الحالى
٢ - التسجيلات الحاليه لحالات منفرده
٣ - حفريات hazelnut فى رواسب الفترة الدافئة ما بعد الجليد

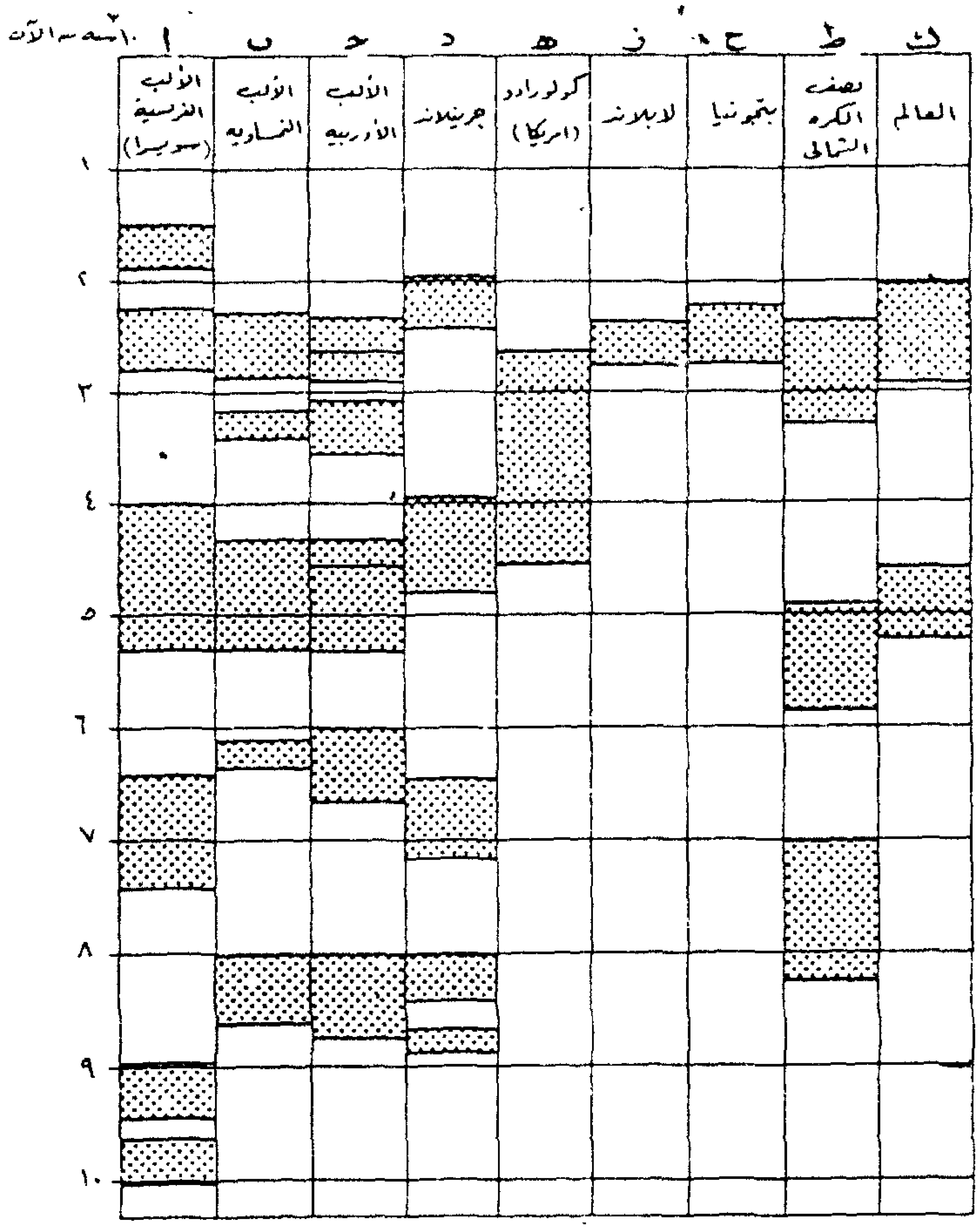
(from Frenzel , 1973)

وفى جرينلند ايضاً ، هناك ما يدل على أنه فى وقت ما خلال الهولوسين كانت الظروف أفضل مما هى عليه الآن .فبلح البحر الصالح للأكل Edible mussel، والذى توجد حدوده الشمالية الآن فى مياه جرينلند عند خط ٦٦° ش وجد فى شواطئ مرفوعة عمرها حوالى ٥٠٠٠ - ٧٠٠٠ سنة وتقع على خط عرض ٧٣° ش .وكذلك هناك حيوان ذو صدفتين Chla-mys islandica وجد فى مناطق خارج حدوده الحالية (Funder, 1972) .

ورغم هذه الأدلة ، فهناك من عبروا عن إستيائهم من وقت لاخر من إستعمال مصطلح المناخ الأمثل Optimum خاصة وأن زيادة الحرارة فى المناطق الحارة لايؤدى إلى وضع مثالى خاصة فيما يتعلق بنمو النباتات ولذا تقدم البعض بمصطلحات أخرى مثل Hypsithermal, Altithermal وكلاهما يعنى ارتفاع درجة الحرارة .وقد تقدم بالمصطلح الاخير Deevey and Flint (1957) ليغطى أربع مراحل من النطاقات التقليدية (الخامسة والسادسة والسابعة والثامنة من نظام Blytt-Sernander) بما فى ذلك فترة البوريال وشبه البوريال ٨٩٥٠-٢٥٥٠ سنة مضت . ويختلف بعض الباحثين فى تقديرهم لطول هذه الفترة وعلى سبيل المثال يرى Lamb (1969) أنها كانت من ٦٩٥٠ - ٤٣٥٠ سنة مضت .

وقد أشارت دراسات لاحقة أن مفهوم الفترة الواحدة التى ارتفعت فيها الحرارة لابد من تعديله خاصة وأن هناك عدد كبير من الأدلة التى تشير إلى أنه خلال فترة الإرتفاع الحرارى كان هناك فترات جليدية ثانوية وظروف باردة . وقد كتب Denton and Porter (1970) " أنه أصبح معروفاً الآن أن فترة الارتفاع الحرارى تميزت بفترات ثانوية تغيرت خلالها الظروف المناخية نتج عنها فترات جليدية ظهر فيها الجليد .ويظهر هذا فى بعض المناطق حيث يتداخل جليد الحديث فى فترة الإرتفاع الحرارى .

ويوضح شكل (٤-٥) تواريخ بعض التقدمات الرئيسية للجليد الحديث Neoglacial والتى يبدو أنها أحد ملامح فترة مابعد الجليد .وهذه البيانات الحديثة تعتبر هامة حيث أثبتت - على سبيل المثال - عدم قبول الفكرة التقليدية عن صغر حجم الثلاجات الألبية خلال الفترة الدافئة التى شملت المرحلتين الاطلنطية وشبه البوريال عما هى عليه اليوم . كما يبدو أن فترة الإنتقال فى ما بين المرحلتين الأطلنطية وشبه الشمالية Sub-Boral كانت إحدى مراحل التقدم الجليدى(٥٢٠٠-٤٦٠٠ سنة من الآن). كما أن هذا الاضطراب فى درجات الحرارة قد



شكل (٤ – ٥) تقـدمـات الجليد الحديث مؤرخه بالقياسات الإشعاعيه (مظلله) للفترة من ١٠٠٠٠ إلى ١٠٠٠ سنه مضت لأجزاء مختلفه من العالم.

from data in patzelt , 1974 - أ
Bortenschlager and patzelt , 1969 - ب
Patzelt , 1974 - ج
Brink and Weidick , 1974 - د
Benedict , 1968 - هـ
Karlen , 1974 - ز
Mercer , 1969 - ح
Denton and karlen, 1973 - ط
Bray , 1974 - ك

أشرت اليه بعض الأدلة النباتية .والجدير بالذكر كذلك هو تقارب التواريخ الخاصة بتقدم جليدى رئيسى فى كثير من أجزاء العالم منذ حوالى ٢٨٠٠ سنة .

وثمة مشكلة أخرى تتمثل فى تسجيل أقصى درجة حرارة فى أوقات متباينة فى أنحاء أوربا ، ففى السويد على سبيل المثال يبدو أن الإرتفاع الحرارى المثالى Optimum ارتبط بالفترة الأطلنطية (منذ حوالى ٦٠٠٠ سنة). أما فى الدانمرك على الجانب الأخر فيبدو أن فترة المناخ المثالى Optimumكانت منذ حوالى ٤٠٠٠ - ٣٠٠٠ سنة (شبه البوريال) . وفى اسكتلنده أيضاً وصلت الأشجار إلى أقصى ارتفاع لها فى Cairngorms أثناء فترة Sub-Boreal. (Manley, 1966)

ورغم أن طبيعة وتوقيت فترة الارتفاع الحرارى هى موضع جدل إلا أن ما تؤكده كثير من المصادر أن درجات الحرارة كانت أكثر ارتفاعاً فى بعض فترات الهولوسين عما هى عليه الآن ومع اختلاف درجات الارتفاع بين مكان وآخر فهناك مايشير إلى أنها كانت أعلى عن المتوسط الحالى بما يتراوح بين ١ - ٣^{O}م فى كثير من المناطق المعتدلة .

والجدير بالذكر أن هذه الفترة قد رصدت كذلك من خلال دراسة عينة لبية أخذت عند Camp centoryفى جرينلند بواسطة النظائر المشعة (أكسجين) . وقد اشارت هذه الدراسة أن فترة دافئة امتدت من ٤١٠٠ - ٨٠٠٠ سنة مع شواذ منذ ٥٠٠٠ - ٦٠٠٠ سنة (Dansgaard et al., 1970) وقد حل محلها ظروف بارده منذ ٢١٠٠ ، ٢٥٠٠ سنة والتى تتعاصر إلى حد كبير مع تقدم جليدى حديث ومع الجزء الأول من الفترة المبكرة من التدهور شبه الاطلنطى الكلاسيكى .

ومن بين نتائج مرحلة الارتفاع الحرارى ، واكثرها اهمية :أن المحيط المتجمد الشمالى كان خاليا من الجليد على الاقل فى شهور الصيف ، كما أن كل من بحيرتى بونوفيل و لاهنتون فى الولايات المتحدة جفتا تماماً و ربما انكمش بحر قزوين حتى وصل إلى منسوب ٥٠ متر تحت سطح البحر الذى يقع أدنى من منسوب بحر قزوين الحالى بحوالى ٢٢ متراً . وفى صحراء شمال إفريقيا وفى اجزاء من الشرق الأدنى كان هناك مناخ أكثر رطوبة عن الآن والتى سبق أشرنا اليها أنها فترة الرطوبة فى الحجر ى الحديث .

ويبدو أن زيادة الرطوبة الجوية Humidity فى بعض النطاقات الصحراوية ارتبط بامتداد نطاق المطر الاستوائى ومنطقة الأمطار الموسمية نحو الشمال ، بينما كانت درجة الحرارة المرتفعة هى النتيجة فى العروض العليا حيث تزحزحت مسارات الضغط مادون

القطبي الرئيسية ومحاور أحزمة الضغط المرتفع مادون المدارية حوالي ١٠ ^{o} عرضية فوق أوربا (Lamp, 1969) .

كما أن انتشار الانسان فى أوربا فى هذا الوقت ربما يكون قد تأثر بالعوامل المناخية .فقد نجحت فترة زراعة رئيسية فى أوربا فى ظل الظروف المناخية المعتدلة أبان المرحلة الأطلنطية من الألف السادسة حتى نصف الألف الثانية قبل الميلاد وشملت زراعة القمح على نطاق واسع .ووصل العديد من البشر (Campaignien) فى هذه الفترة من شمال افريقيا كما وصل أهل الدانوب من إقليم الاستبس فى شرق أوربا (Demougeot, 1965) . ولكن تغير الظروف المناخية في ما بعد أدى إلى تدهور زراعة القمح ليحل محله في كثير من المناطق الشوفان والشيلم .ولاشك أن الشوفان Oat كان مناسباً بصفة خاصة مع إمتداد الشتاء البارد حيث أن بذور الشوفان لاتنبت إلا إذا كان الشتاء بارداً (Isaac, 1970) .

وثمة عامل آخر أثر على انتشار الثورة الزراعية فى الحجرى الحديث إلى حد كبير هو وجود نطاق اللويس الذى أرسبته الرياح بسمك كبير فوق المناطق السهلية .وقد ظن البعض فى وقت من الأوقات أن هذه التربات هى التى شجعت على نمو نباتات Heath like الإستبس والتى تناسبت مع الانسان القديم وذلك بسبب الجفاف النسبى لمناخ تربتها إذا قورنت على سبيل المثال بالتربات الثقيلة الطينية الرطبة التي تكونت على مناطق الطفل الجليدى Boulder clay . أما تربات Clays فقد عملت على ظهور غابات كثيفة يصعب إزالتها بغرض الزراعة .ورغم هذا فتحليل حبوب اللقاح الموجود ة فى رواسب اللوس لايثبت بالدليل القاطع وجهة النظر هذه .حيث أنها تشير إلى أن رواسب اللوس هى الاخرى كانت مغطاة بالغابات .

ولنفس السبب أصبح من المحتم أن نترك جانباً ، إحدى النظريات القديمة التى حاولت أن تربط مرحلة جافة خلال فترة شبه البوريال من نظام Blytt - Sernander الكلاسيكى بتدهور فى الغطاء الغابى . وفى ظل هذه النظرية يرى Gradmann's "Steppenheidetheorie أن الظروف الجافة كانت فى حالة بحيث أن الغابات لاتستطيع البقاء فى تربات اللوس الخفيفة فى وسط أوربا ولهذا نشأ رواق Corridor من الإستبس المكشوف. على طول هذا الرواق هاجرت الحيوانات والنباتات وانسان ما قبل التاريخ نحو الغرب المحيطى .

ورغم هذا فإن الاتفاق بين المستوطنات البشرية من النوع الدانوبي Danobian وتربة اللويس ملاحظ جداً .وتفسير هذا أنه بينما هذه التربات لم تكن مرتبطة بظروف نباتات مكشوفة إلا إذا كانت محلية ، فقد كانت جيدة الصرف ، خصبة .ومن السهل تحديد أماكن التربات الأخرى سواء كانت الثقيلة والباردة ورديئة الصرف .وأكثر من هذا تقترح الدراسات الحديثة أن انسان الحجرى الحديث كان قادراً من الناحية التقنية على أن يزيل الغابات عما كان يعتقد فى السابق .ولهذا فمن المحتمل أن الغابات لم تشكل حاجزاً كما نتصور من النظرة الأولى .

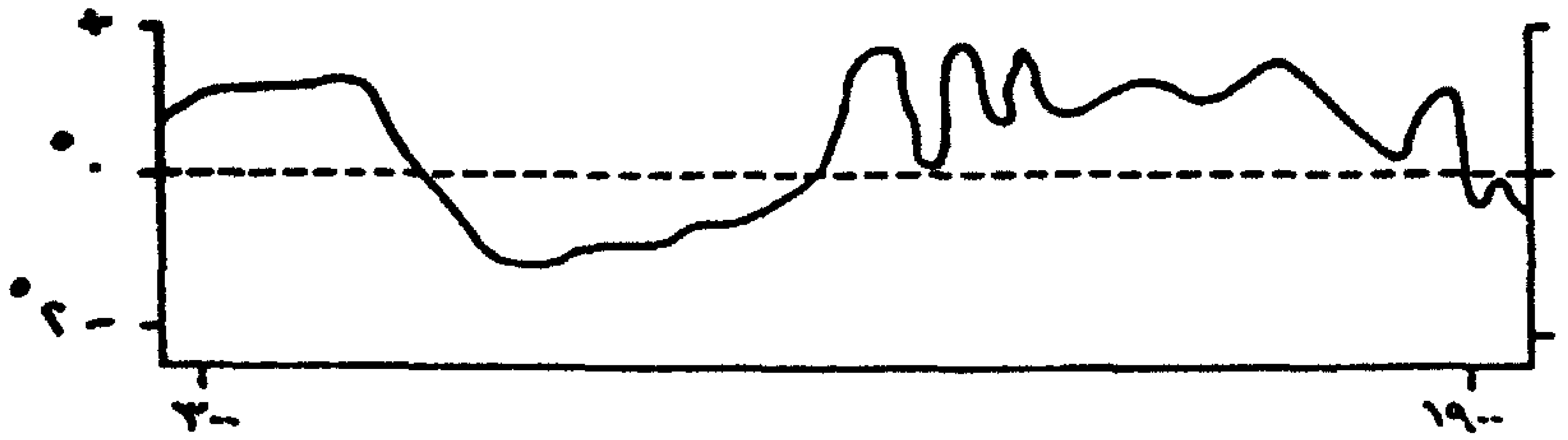
وفى الأمريكتين جرت مناقشات عديدة عن مدى تأثير الذبذبات المناخية الهولوسينية ، فرغم أن الانسان جاء متأخراً إلى الامريكتين ولكنه عندما استقر تزايدت أعداده إلى حد كبير .والمنطقة الجنوبية الغربية الجافة فى الولايات المتحدة ، على سبيل المثال كانت مرتفعة الكثافة فيما بين ١٤٠٠٠ - ١٠٠٠٠ سنة مضت .ورغم هذا فعدد مواقع ما قبل التاريخ قليل فى هذه المنطقة فيما بين ١٠٠٠٠ - ٤٥٠٠ سنة (Griffin, 1967) . وقد جنح بعض الأركيولوجيون إلى رأى شاذ نوعاً فحواه أن أراضى البرارى والسهول الغربية كانت شبه خاوية فيما بين ٦٠٠٠ و ٤٥٠٠ سنة ، وأعيد احتلالها فيما بعد ذلك .ويبدو أن فترة التناثر البشرى الكبرى تتعاصر مع فترة الجفاف Altithermal التى ارتفعت فيها درجة الحرارة (Stephenson, 1965 ; Irwin-Williams & Haynes, 1970) ، بينما فترات التقدم الديموجرافى (مثل مرحلة إحتلال فولسوم Folsom كانت فيما بين ١٠٨٠٠ و ١٠٣٠٠ سنة وفيما بعد ٤٥٠٠ سنة) تتعاصر مع زيادة الرطوبة .ورغم هذا فهناك شك فى مدى جفاف فترة Altithermal، وينظر اليها على أنها عامل رئيسى مؤثر فيما قبل التاريخ فى المناطق الجافة الامريكية .وقد كتب Malde (1964) " و عندما اقتربت فترة الجفاف والارتفاع الحرارى من الانتهاء عادت ظروف أكثر رطوبة وأبرد نسبياً وزاد نشاط الانسان كما زادت اعداده "

المناخ الأمثل القصير ٧٥٠ - ١٣٠٠ ب.م The Little Optimum :

بعد المناخ الامثل والذى حدث فيه الارتفاع الحرارى (فى الهولوسين الاوسط) عادت الظروف مرة ثانية للبرودة في كثير من الأقاليم . ولكن فى أوائل العصور الوسطى Early Medieval Times عادت الظروف مرة أخرى إلى التحسن وهذا مايطلق عليه المناخ الأمثل القصير Little Optimum

ومنذ سنة ٧٥٠ بعد الميلاد حتى ١٢٠٠ - ١٣٠٠ كانت هناك فترة تراجع جليدى ملحوظة والتى تبدو بشكل عام مميزة إلى حد ما عن مثيلاتها فى القرن العشرين .وأشجار هذه الفترة ، التى تعرضت أخيراً للدمار تحت وطأة البرد والجليد منذ حوالى ١٢٠٠ بعد الميلاد نمت هذه الأشجار فى بعض المواقع التى لم يسمح الوقت أو الظروف لنموها مرة ثانية فى وقتنا الحالى ولعل من أكثر الأدلة دقة هى الوثائق المتاحة من العصور الوسطى التى تشير إلى أن أكثر الفترات إعتدالاً خلال فترة الارتفاع الحرارى القصيرة بشتائها المعتدل وصيفها الجاف كانت حوالى ١٠٨٠ - ١١٨٠ سنة بعد الميلاد .وخلال فترة المناخ الأمثل لم تتأثر شواطئ أيسلنده بالجليد مقارنة بالقرون التالية كما وجدت المستوطنات البشرية فى جرينلند فى أماكن تعد غير مناسبة فى وقتنا الحاضر .ومن المعتقد كذلك أن الحرارة النسبية والجفاف الصيفى والتى أدت إلى جفاف بعض مستنقعات اللبد النباتى كانت مسئولة عن وباء الجراد الذى انتشر فى هذه الفترة فوق مساحات واسعة ووصل أحياناً حتى الشمال .فمثلاً فى خريف ١١٩٥ وصل الجراد حتى المجر والنمسا .وفى شمال كندا إلى الغرب من خليج هدسن إكتشفت غابة حفرية إلى الشمال من حدود الغابة الحالية بحوالى ١٠٠كم .وقد أوضح تحليل الكربون المشع فى أربعة مواقع أن هذه الغابة كانت متواجدة فى الفترة مابين ٨٧٠ - ١١٤٠ سنة بعد الميلاد .ومما يلفت الأنظار كذلك أن العينات اللبية المأخوذة من Camp Century فى جرينلند قد كشفت للباحثين الامريكين والدانمركين أن موجة البرد قد وجدت فيما بين ١١٣٠ - ١١٦٠ وأنه سبقها فترة دفء لمدة خمسة قرون .وقد أيد هذا حديثاً دراسة عينة لبية فى Creteفى وسط جرينلند (Dansgaard, et al., 1975) .

وثمة نوع آخر من الأدلة استخدم للوصول إلى تقدير صحيح عن طبيعة هذه المرحلة وهو مدى إنتشار أشجار العنب Vineyardsفى أجزاء متعددة من بريطانيا .ويسجل كتاب (Domesday, 1085) وجود ٣٥ مزرعة من مزارع العنب فى إنجلترا بجانب تلك الخاصة بالملك .كما كان النبيذ فى انجلترا يعتبر على قدم المساواة مع النبيذ الفرنسى فيما يتعلق بالنوعية والكمية وذلك حتى جلوستشاير Golucestershire ومنطقة لدبرى Ledbury فى هرفوردشاير وفى حوض لندن Medway Valley وجزيرة إلى Ely ، كما وجدت بعض مزارع العنب إلى الشمال حتى مدينة يورك .ويرى لامب (Lamb, 1966) أن هذا دليل على إرتفاع درجة حرارة الصيف بحوالى ١ - ٢ ^{o}م عما هى عليه الآن وعدم وجود صقيع مايو مع



شكل (٤ - ٦) نمط درجة الحرارة الصينية على أساس ظاهرات مختلفة
(ظهور الصقيع ، تجمد الأنهار ، تزهير الأشجار والأزهار ، هجرة الطيور ، ... الخ) . (after Hsieh, 1976)

تحسن فى طقس سبتمبر . وفى نفس الوقت تقريباً كانت شجرة Lychees محصولاً اقتصادياً فى حوض Syechem فى غرب الصين ، مع أن هذه الشجرة حساسة وتموت إذا إنخفضت درجة الحرارة تحت -٤°م . وهى اليوم لاتوجد إلا فى جنوب Nanling . ومثل هذه الأدلة استخدمت لإعداد شكل رقم (٤-٦) الذى يشير إلى تطابق أو تعاصر مثير للدهشة مع التذبذبات التى استدل عليها من العينات اللبية الجليدية فى جرينلند (Hsieh, 1976) .

المناخ الأمثل القصير والزراعة فى أمريكا الشمالية :

وكما أن فترة التحسن المناخى الرئيسية أثرت على الناس فى جنوب غرب الولايات المتحدة ، فقد تعاصرت فترة التحسن الصغرى مع تغير جذرى فى دخل المزارعين فى وادى ميسورى ، داكوتا والجنوب الغربى .

نمت وتطورت المجتمعات الزراعية فى الميسورى ووادى المسيسيبى الأعلى والبحيرات العظمى فى شمال شرق الولايات المتحدة ، من ٧٠٠ - ١٢٠٠ سنة بعد الميلاد وقد ارتبط هذا النمو والتطور بتحسن الأوضاع المناخية فى الفترة الأطلنطية الحديثة التى هبت فيها رياح مدارية رطبة فوق السهول العظمى (Malde, 1964) مما شجع على نمو القمح و إنتشار الصيد، وانتشرت الزراعة على نطاق واسع وبلغ النشاط الحضارى تنوعاً ملحوظاً . وفى القطب الشمالى كانت حضارة الشماليين القائمة على صيد الحيتان متطورة ومنتشرة . ويبدو أن هذه الفترة تعاصرت مع فترة التحسن المناخى الصغيرة فى أوربا . (Griffin, 1967)

وبعد القرن الثالث عشر بقليل بدأ المزارعون ينسحبون بسرعة من وادى ميسورى فى شمال وجنوب داكوتا وفى الجنوب الغربى (Leopold, et al., 1963)، وأخيراً وفى غضون ثلاثة قرون انكمشت المساحة التى احتلها المزارعون من ٦٠٠٠٠٠كم٢ إلى حوالى

٢٢٠٠٠٠كم٢ (Woodbury, 1961) . وهذه الفترة التى تركز فيها السكان فى المناطق المفضلة تتعاصر مع الفترة المناخية التى تسمى Pacific I (١٢٠٠-١٣٠٠ بعد الميلاد) وفيها يرى بعض الباحثين زيادة هبوب الرياح الغربية عبر السهول الشمالية مما أدى إلى زيادة البرودة والهواء الجاف (Lehmer, 1970) . و قد أدى الجفاف إلى تركز الزراعة فى مناطق يسهل فيها الرى كما أدى البرد إلى تقليل فصل النمو وإنخفاض المدي التضاريسى لزراعة القمح وكان نتيجة ذلك إنكماش المساحة المزروعة .

وثمة سبب آخر لهذا التغير الملحوظ فى توزيع السكان هو التعرية الشديدة للرواسب الفيضية التى قامت عليها المجتمعات الزراعية الرئيسية .فقد زرع الهنود الحمر قيعان الأودية التى كانت تغمرها مياه الفيضان .وإرتبط هذا الازدهار بالارساب الفيضى ولكن أعاقته عمليات التعرية النهرية التى قد تؤدى كذلك إلى انخفاض مستوى المياه الجوفى المحلى .ويعتقد Bryan أن فترات التعرية هذه كانت نتيجة سيادة ظروف جافة كما يتضح من تحليل الحلقات الشجرية . (Bryan, 1941). والجدير بالذكر أن فى هذه الفترة انتشرت الطقوس الدينية التى تهدف إلى زيادة كمية المطر من أجل الانتاج الزراعى كما أن هناك أدلة فى بعض المناطق على التحول من الاعتماد على الزراعة إلى صيد الحيوانات خاصة الثور البرى .

وتجدر الاشارة هنا إلى أنه رغم كل ما سبق من أدلة فإن دور الجفاف فى إيجاد تغيرات من هذا النوع غير مؤكد تماماً ، ففى أجزاء من الجنوب الغربى تشير تحليلات حبوب اللقاح إلى ظروف أكثر رطوبة على عكس بعض نتائج دراسة الحلقات الشجرية .وقد تزايدت حبوب لقاح الأشجار الصنوبرية مقارنة بكل من Compositae and Chenopods ، وأكثر من هذا فإن عمليات تعرية قيعان الاردية يمكن ألا تكون نتيجة الجفاف الذى أدى إلى تناقص الغطاء النباتى ولكن قد ترجع إلى زيادة حدوث العواصف الصيفية المطيرة وذلك مقارنة بوضع مشابه فى نهاية القرن التاسع عشر . كذلك يمكن أن نضيف هنا أن بعض الأركيولوجيين يرون أن إغارة بعض البدو Atha paskansأسلاف Navjo and Apache الحاليين قد يشرح ظاهرة الميل نحو التركز وهجرة بعض المواقع (Jett, 1964) .

هذا وقد تحسنت الظروف فيما بعد سنة ١٤٥٠ (استمرت فترة باسفيك الثانية حتى عا م ١٥٥٠ ب.م) وعادت الحياة مرة ثانية بكثافة شديدة إلى وادى ميسورى فى جنوب داكوتا وعمرت القرى بقبائلها .

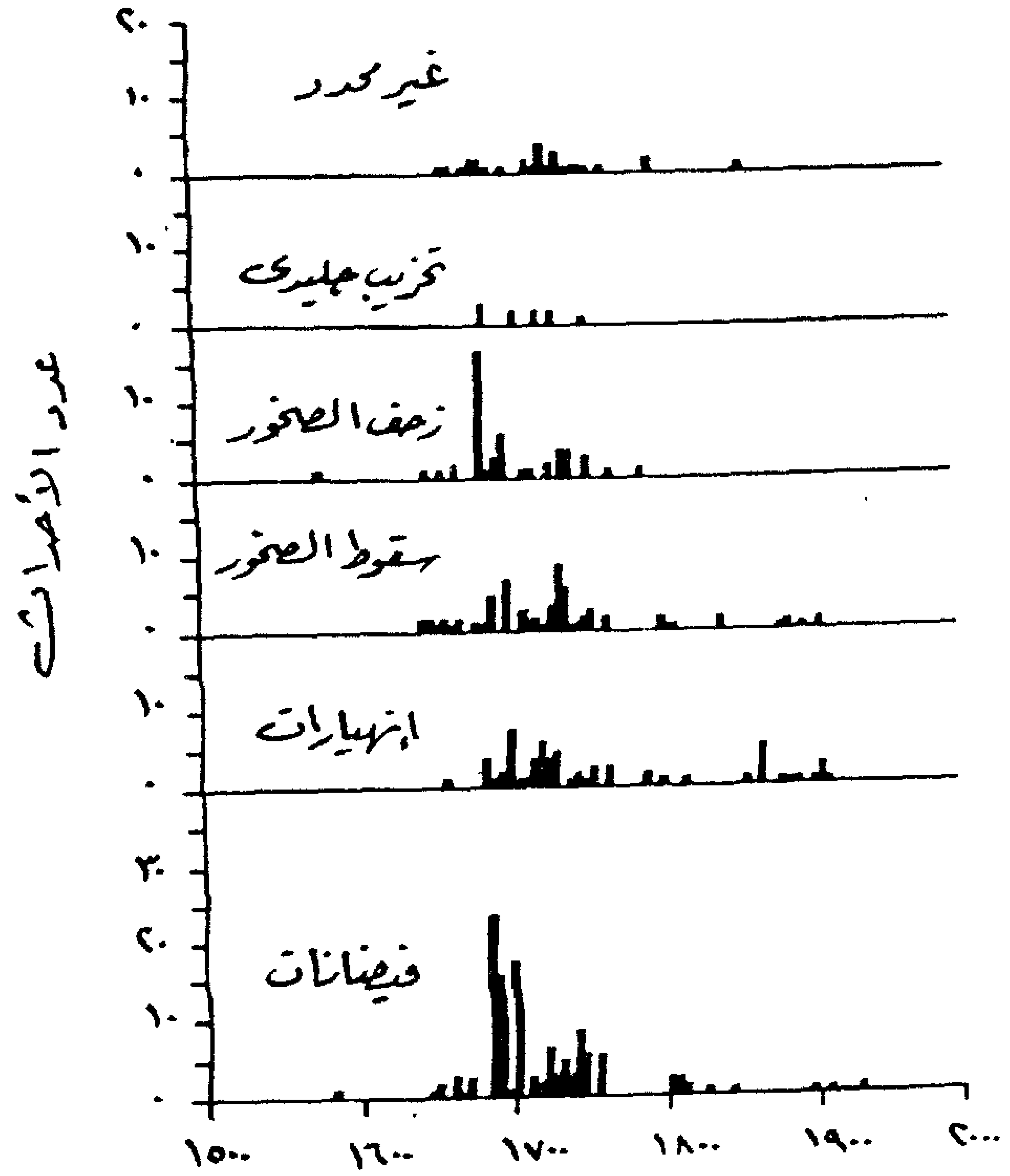
العصر الجليدى الصغير الأخير (Neo-Glaciation) :

يعتبر واحداً من أهم التغيرات المناخية فى الهولوسين على الاطلاق نظراً لتأثيراته على اقتصاديات الأراضى المرتفعة والمناطق الهامشية فى أوربا ، وهى تلك الفترة التى تجدد فيها زحف الجليد منذ العصور الوسطى ، هذه الفترة التى غالباً ما أطلق عليها اسم العصر الجليدى الصغير Little Ice Age، وإن كان قد اقترح حديثا مصطلح Neo-Glaciation ليشمل فترة إعادة نمو الجليد وما تلاها من تذبذبات جليدية بعد ارتفاع درجة الحرارة Hypsithermal وإنكماش الجليد (Denton and Porter, 1970) . وقد لوحظت تأثيراتها على العالم أجمع .ففى الصين على سبيل المثال بلغت قمتها من سنة ١٦٥٠ – ١٧٠٠ (Chu Ko-Chen, 1973) وإن كان تاريخ بداية العصر الجليدى الصغير فى أواخر العصور الوسطى يختلف من مكان لآخر ، فقد تقدمت ثلاجة Aletsch العظيمة من الألب السويسرية فوق جزء من قناة مائية كانت تنقل الثلج المذاب إلى قرية محلية فى بداية القرن الثالث عشر . وبالمثل ، فقد بلغت ثلاجة Chickamin فى سلسلة Cascade فى ولاية وشنطن ، أوجها فى القرن الثالث عشر .وفى S. Tyrol كان هناك تقدم رئيسى فى الفترة من ١١٥٠ – ١٢٥٠ بعد الميلاد (Mayr, 1964) . وفى معظم المناطق ، بلغت هذه الفترة ذروتها فى تواريخ مختلفة إعتباراً من منتصف القرن الرابع عشر حتى منتصف القرن التاسع عشر .

وفى النرويج حيث أمكن تأريخ الزحف الجليدى بصورة جيدة عن طريق سجلات الضرائب ومصادر أخرى ، يبدو أن الزحف بدأ فيما بين ١٦٦٠ ، ١٧٠٠ .وتميز النصف الاول من القرن الثامن عشر بزحف بعض الثلاجات لعدة كيلومترات وبلغ ذروته فيما بين ١٧٤٠ و ١٧٥٠. و بعد ذلك كان هناك بعض التراجع الذى يعترضه عودة التقدمات خاصة فيما بين ١٨٠٧ ، ١٨١٢ – ١٨٣٥ ، ١٨٥٥ – ١٩٠٤ ، ١٩٠٥ – ١٩٢١ ، ١٩٢٥ .وقد تركت هذه التقدمات ركامات صغيرة وإن لم تكن أى من هذه التقدمات الأخيرة إستطاعت أن تصل إلى الموقع الذى وصل إليه الجليد فى عام ١٧٥٠ .

وفى أقليم Jostedalsbre فى غرب النرويج إستطاع J.M. Grove, 1972 أن يحصل على بيانات تفصيلية من سجلات تقدير الإيجارات عن الأنهيارات والفيضانات وزحف الصخور خلال العصر الجليدي الصغير فى النرويج (شكل ٤–٧) وهناك أدلة واضحة على كثرة الحوادث المتعلقة بالأنهيارات الصخرية والفيضانات فى أواخر القرن السابع عشر وحتى القرن التاسع عشر .وأكثر من هذا بدأ هذا التغير البيئ بمجموعة متقاربة من الحوادث المدمرة فيما بين ١٦٥٠ و ١٧٦٠ وفى بعض السنوات خلال هذه الفترة مثل ١٦٨٧ ، ١٦٩٣ ، ١٧٠٢ .وكانت ظروف الزراعة اقل ملاءمة مما عليه فى القرون السابقة .

وفى أيسلنده كانت الثلاجات والغطاءات الجليدية على نفس الصورة خلال هذه الفترة بشكل عام .فمنذ وقت الاحتلال الأول لأيسلنده حوالى سنة ٩٠٠ بعد الميلاد حتى القرن الرابع عشر على الأقل كانت الثلاجات أقل إمتداداً عما كانت عليه بعد عام ١٧٠٠ .وكان هناك تقدم عام فى بداية القرن الثامن عشر حيث بلغ ذروته حوالى عام ١٧٥٠ .ومن ١٧٥٠ إلى ١٧٩٠ مال



شكل (٤ - ٧) حدوث الإنهيارات الأرضية فى النرويج خلال الجليد الأصغر فى كل من oppstryn olden , loen , Medstryn كما كشفتها سجلات (landskyld إيجار الأراضى)
(after Grove , 1972)

الجليد أن يكون ثابتاً نسبياً أو أن يكون فى حالة تراجع ولكنه تقدم مرة ثانية فى بد اية القرن التاسع عشر وفى بعض الحالات وصل إلى موقع متقدم فيما بين ١٨٤٠- ١٨٦٠ عما كان عليه من قبل عام ١٧٥٠ .ثم كان هناك تراجع عام نحو الموقع الحالى منذ عام ١٨٩٠ .

وفى الألب كان الموقف مسجلاً بدقة عن كثير من المناطق الأخرى .فمنذ عام ١٥٨٠ غطى الجليد المتقدم الأراضى المزروعة والغابات وتعرض السكان لأخطار الفيضانات .وعانى الاقتصاد المحلى إلى حد كبير وتقدم الكثيرون بطلبات لتخفيض الضرائب .وقد تقدمت ثلاجة Rhone بقوة في الفترة من عام ١٦٠٠ حتى ١٦٨٠ .ومنذ أواسط القرن السابع عشر حتى منتصف القرن الثامن عشر كانت الثلاجات ساكنة وإن كانت فى موقع متقدم عن عام ١٦٠٠ . ومنذ منتصف القرن الثامن عشر كانت هناك فترة تقدم رئيسية انقسمت إلى ثلاث مراحل : ١٧٧٠-١٧٨٠، ١٨١٨ - ١٨٢٠ ، ١٨٣٥ - ١٨٥٥ وكان التراجع عاماً إلى حد ما فيما بين ١٨٥٠ ، ١٨٨٠ ثم حل محله تقدم فيما بين ١٨٨٠ - ١٨٩٥ ومنذ ١٨٩٥ إلى ١٩١٥ استمر التراجع وان كان قد انعكس بشكل مؤقت فيما بين ١٩١٥ إلى ١٩٢٥ .وبهذا نرى أن الصورة فى جبال الألب تنطبق بشكل عام على ماهى عليه فى النرويج وايسلنده .ويمكن رؤية المراحل المختلفة غالباً فى الركامات ، بينما مواقع الفنادق والتسهيلات السياحية الاخرى تحكى قصة تراجع الجليد منذ ذروته فى القرن التاسع عشر .وكما يقول Jean Grove (1966) " فى كل جبال الألب بقيت أكواخ المتسلقين عالية فوق الجليد وكان الاقتراب منها لابد أن يكون عن طريق أحد الركامات ثم بواسطة السلالم المثبتة أو الحبال . ولم تكن هذه الأكواخ مشيدة لتؤكد خطورة التسلق فى نهاية اليوم ولكن انعزالها بهذه الصورة كان نتيجة تبدد الجليد من حولها خلال القرن الماضى .

أما نمط العصر الجليدى الصغير فى أمريكا فيوضح أن تقدمات الجليد كانت متعاصرة بشكل عام فى نصف الكرة الشمالى .ورغم أن هناك تقدماً اقترح في السيرانيفادا منذ حوالى ١٠٠٠ سنة (Cury, 1969) فإن التقدم الاقصى قد حدث فى أواسط القرن السابع عشر واستمر حتى حوالى سنة ١٧٠٠ ، ومنذ ذلك الوقت بدأ بعض التراجع ثم الزحف الذى تلاه تراجع استمر حتى سنة ١٧٨٥ ، وكانت التقدمات من خصائص القرن التاسع عشر وفى بعض المناطق تفوق على أوج القرن الثامن عشر ، ففى آلاسكا سجلت فترة الذروة من ١٧٠٠ - ١٨٣٥

ولعل وجود بعض البيانات عن شمال جبال كاسكيد Cascade فى واشنطن تمكننا من عقد مقارنة بين الثلاجات خلال ذروة العصر الجليدى الصغير بالثلاجات الحالية .ويمكن لنا أن نرى أن النهايات الحالية للثلاجات تقع بشكل عام على منسوب أعلى بنحو ٣٠٠ - ٤٠٠ متر وأن مساحتها قد تناقصت بمقدار ٥٠ - ٦٠ % (جدول ٤-٦.)

جدول ٤-٦

التذبذبات الجليدية فى منطقة Dome Peak بولاية واشنطن

- الولايات المتحدة

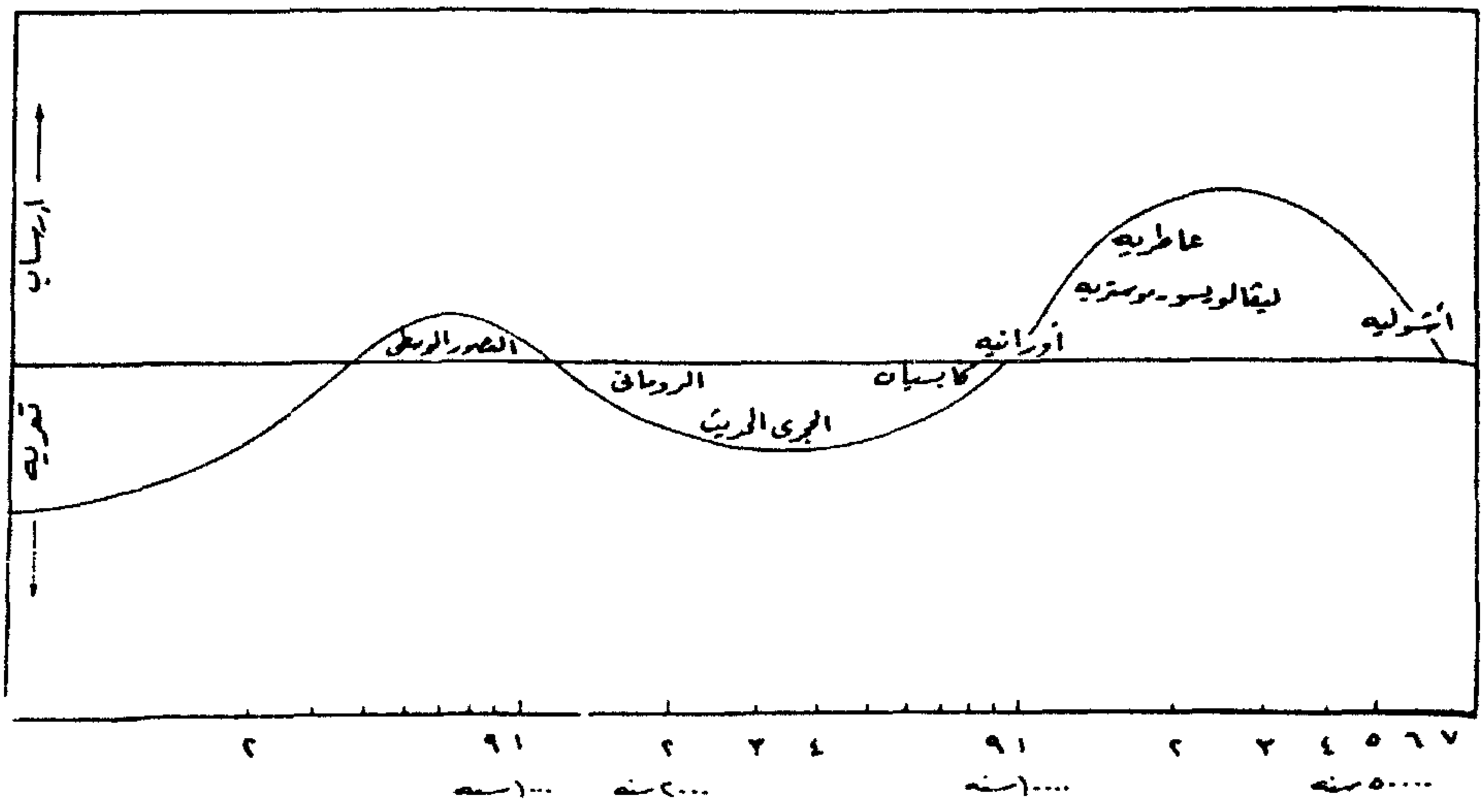
اسم الثلاجة	فوت كاسكيد	ليكونت	داتا	تشك أمن
تاريخ التقدم الأقصى (القرن)	١٧/١٦	١٦	١٦	١٣
أقصى مساحة للثلاجة كم^{٢}	٤,٥	٢,٩٨	٣,٩٩	٧,٨٠
أقصى مساحة فى ١٩٦٣ كم	٢,٧٢	١,٥٨	٢,٤٦	٤,٨٧
معدل (حد أدنى / حد أقصى)	١,٥ : ١	١,٩ : ١	١,٦ : ١	١,٦ : ١
إرتفاع نهاية الثلاجة خلال الجليد الأخير الأقصى (متر)	١٤٩٠	١٣٤٠	١٢٧٠	١١٠٠
إرتفاع نهاية الثلاجة فى ١٩٦٤ (متر)	١٦١٥	١٨٢٩	١٧٦٨	١٥٢٥

وقد تأثرت ثلاجات جرينلند بالعصر الجليدى الأصغر وتقدمت بقوة فيما بين ١٧٠٠ و ١٨٥٠ .ووصل أقصى إمتداد له فى جنوب غرب جرينلند فى حوالى سنة ١٨٥٠ ، فتأخر عن كثير من أجزاء العالم الاخرى . وعلى هوامش الجليد الداخلى وصل إلى الذروة فى حوالى ١٨٩٠ –١٩٠٠ ، بينما فى الشمال الغربى لم يصل الحد الأقصى الا فى ١٩١٥– ١٩٢٥ وكباقى أجزاء العالم كان هناك تراجع عام على طول السواحل الغربية لجرينلند فيما بين ١٩٢٠ – ١٩٢٥و ١٩٤٠– ١٩٤٥ ومنذ هذا التاريخ هناك تراجع بطئ .

ويبدو أن منطقة انتركاتيكا لم تشهد هذه الفترة الباردة إلا فى وقت متأخر والذى بدون شك ساعد كابتن كوك Cook وآخرون على إكتشافاتهم فى المحيط الجنوبى .وفيما بين ١٧٧٠ ، ١٨٣٠ يبدو أن حافة الجليد فى انتركاتيكا كانت إلى الجنوب من موقعها ١٩٠٠ – ١٩٥٠ بحوالى درجة عرضية (1967, Lamb) . وعلى الجانب الاخر يبدو أن التدهور المناخى استمر لفترة طويلة فى انتركاتيكا ولذا استمر حتى ١٩٠٠ وأكثر (Lamb, 1969) . وإن كانت البيانات عن نصف الكرة الجنوبى مازالت هزيلة ، لكن (Stailinger, 1976) إستطاع أن يوضح أن نيوزيلانده قد شهدت تدهوراً مناخياً إعتباراً من سنة ١٣٠٠ بعد الميلاد وإزدادت حدة هذا التدهور فيما بين ١٦٠٠ و ١٨٠٠ وبهذا يتطابق إلىّ حد كبير مع الموقف فى كلا من أوربا وامريكا الشمالية .

وأحد النتائج الرئيسية للزمن الجليدى الصغير فى العروض الدنيا نجده فى أودية البحر المتوسط حيث حدث ترسيب فيضى .فقد تبع فترة الارساب فى -Lavailloiso) Mousterian) خلال مرحلة فيرم Wurm فترة من التعرية بلغت ذروتها فى الحجرى الحديث انتهت برواسب فيضية فى العصور الوسطى تبعها هى الاخرى مرحلة تعرية (شكل ٤–٨) ورغم هذا فقد رؤى أحياناً أن الزراعة والرعى كانتا مسئولتين عن هذه التذبذبات .وقد كتب Vita-Finzi(1969) " أن التفسير المناخى للإرساب فى العصور التاريخية فى حوض البحر المتوسط مقبول نظراً لحدوثه فيما بين فرنسا والأحجار وفيما بين فلسطين والمغرب ، علماً بأن العصور الوسطى الأوربية شهدت عصراً جليدياً صغيرا وفترات أخرى شذ فيها المناخ .ومما يدعم قبول التفسير المناخى كذلك ، عدم كفاية الادلة الاخرى . "

وقد اقترح عالم الاقتصاد التاريخى والجغرافى التاريخى الفرنسى Braudel (1972) أن التدهور المناخى الملحوظ فى أواخر القرن السادس عشر له آثاره المختلفة على الحياة فى أراضى البحر المتوسط .ويرجع إلى تكرار حدوث الفيضانات فى الأنهار مثل الرون .وقد تجلد



شكل(٤ – ٨)أدوار التـــعـــرية والارســـاب فى أودية البـــحـــر المتـــوسط

خلال ٥٠٠٠٠ سنه الأخيرة (after Vita - finzi , 1969)

Guadalquivir فوق Sevrille . وفى مرسيليا تجمد البحر فى عام ١٥٩٥ و ١٦٣٨ ثم كانت هناك موجات من الصقيع كان لها أثرها الاقتصادى الهام حيث أدت إلى فناء أشجار الزيتون فى Languedo فى عام ١٥٦٥ ، ١٥٦٩ ، ١٥٧١ ، ١٥٧٣ ، ١٥٨٧ ، ١٥٩٥ ، ١٦١٥ و ١٦٤٢. وبالمثل أوضح Ladurie (1972) كيف أن التذبذبات التى حدثت فى فترة الارتفاع الحرارى الصغرى والعصر الجليدى الأصغر قد أثرت على المجتمعات التقليدية من خلال نوعية النبيذ ومواعيد الحصاد ، حيث كتب" أن الزراعة فى هذه المجتمعات بصفة رئيسية وما تتضمنه من مشاكل ومصاعب متكررة مرتبطة بالبقاء أو الحصول على الرزق ، فإن العلاقة بين تاريخ المناخ وتاريخ الانسان على المدى القصير كانت إلحاحاً مما هى عليه الان . "

التوطن البشرى فى جرينلند :

واضعين فى الاعتبار تأثير التغيرات المناخية كعامل من العوامل التى أدت إلى تدهور الظروف البيئية أثناء جليد العصور الوسطى أو العصر الجليدى الحديث Neo-Glaciation فربما لايكون مستغرباً أن نعرف أن المستوطنات البشرية فى المناطق الهامشية العليا مثل النرويج وجرينلند وايسلنده والاراضى العليا فى بريطانيا قد عانت اقتصادياً كما ادى ذلك إلى تغير اجتماعى وتناقص فى عدد السكان .

وبالطبع هناك خطورة فى التفسير الحتمى البسيط ولكن يجب ألا نتجاهل التاثيرات المناخية السابق ذكرها وقد أدلى Utterstrom (1955) ، برأى تعاصر مع الرأى الذى يرى أن التغير المناخى عامل حتمى فى التقدم الاقتصادى أو تدهوره ، حيث يرى "أنه منذ Ricar-do و Malthus [1] بدأت المناقشات حول ضغط الحاجة إلى المواد الغذائية على اعتبار أن السكان هو العامل المتغير بينما الطبيعة ثابتة. وهذا التفسير يمكن أن يتوافق بصعوبة مع الفكر العلمى الحديث خاصة إذا كنا ننظر إلى المشكلة على المدى الطويل "

وتعتبر مستوطنات جرينلند التى أقامها الفيكنج Vikings ذات أهمية خاصة فقد وصلت إلى أحجام معقولة ثم تدهورت بصورة مدمرة تقريباً فى أواخر العصور الوسطى ولقد اتفق على أن كلاً من الظروف البحرية والبيئية فى جرينلند كانت مناسبة لنشأة هذه المستوطنات. فقد ندر تواجد الجليد جنوب خط عرض ٧٠ ° ش فى جرينلند فى القرن العاشر الميلادى ويبدو أنه

١- يرى مالتوس أن عدد السكان يتزايد بنسبة تفوق زيادة المواد الغذائية ومن ثم يجب تحديد النسل

لم يكن معروفاً فيما بين ١٠٢٠ - ١١٩٤ (Lamb,1969) ومع أدلة اخرى توصل Lamb إلى القول أنها شهدت ظروفاً مناخية مثالية .فالمناطق التى حفرت بها مقابر الفيكنج Viking والتى تعمقت فيها جذور الأشجار أصبحت متجمدة الآن باستمرار ولهذا رأى لامب (Lamb,1966) أن متوسط الحرارة السنوى قد هبط بمقدار ٢ - ٤ ^{o}م ورغم هذا فبعد سنة ١٤١٠ لم يكن هناك إتصال منتظم بين أوربا وأى جزء فى جرينلند ، كما يبدو أنه لم يصل إلى أى مكان على الساحل الشرقى من جرينلند من البحر فى الفترة من ١٤٧٦ حتى ١٨٢٢ . وتدهورت المستوطنات بالتدريج .ويبدو أن تدهور الظروف المناخية قد أدى إلى ظروف بيئية غير مناسبة تماماً ، وكذلك نمو الجليد البحرى الذى أدى إلى الحد من الإتصال بالعالم الخارجى وقلل من نشاط الصيد .

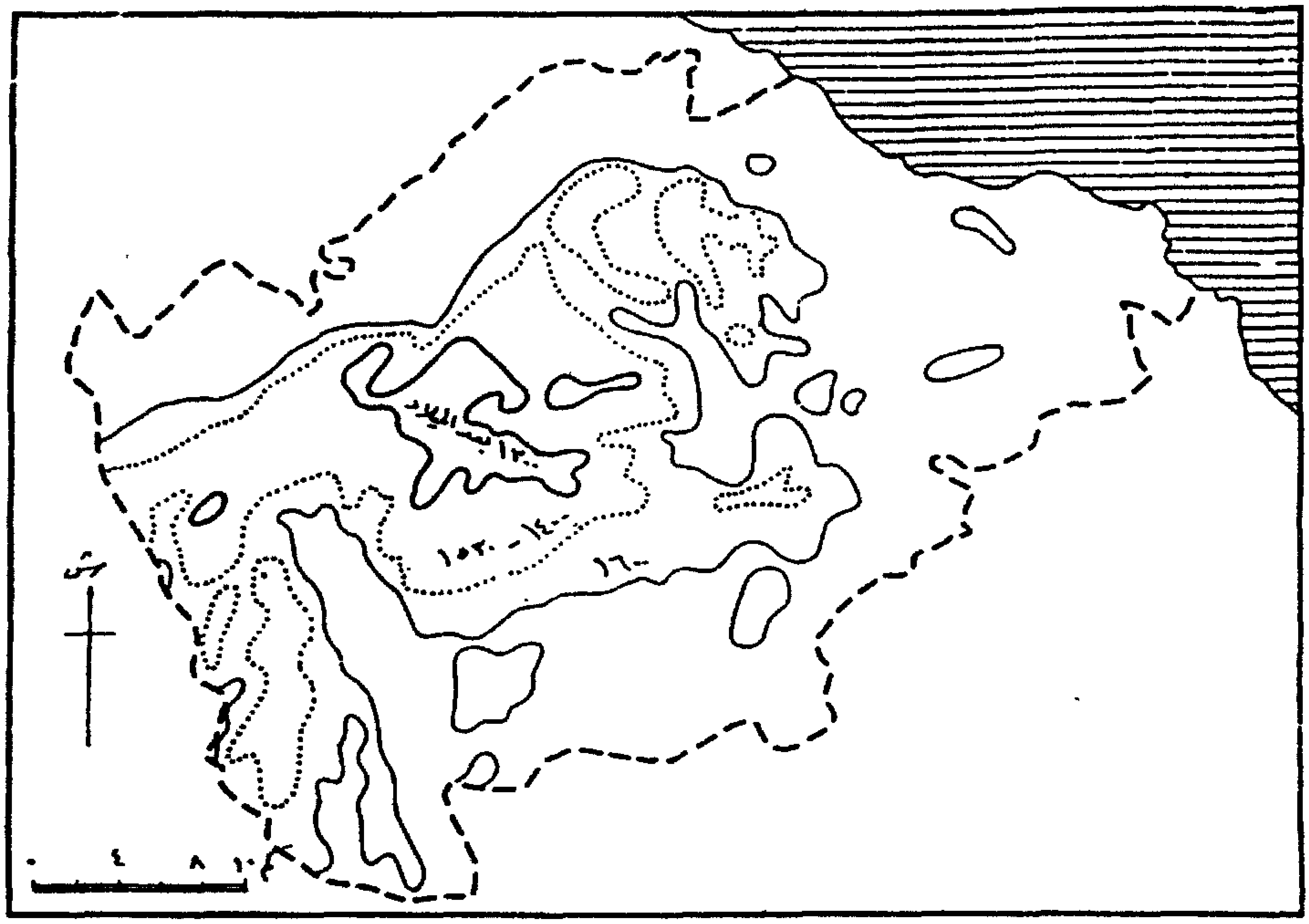
وقد ناقش ساور (Sauer,1968) دور التغير المناخى فى هذه الأحداث وأوضح موقفه فيما كتبه "بأن الزعم بأن المستوطنات تعرضت للتدهور بسبب التغيرات المناخية يبدو تفسيراً غير واف كما يبدو غريباً .فالتدهور يرجع إلى كونها بعيدة صغيرة فقدت بالتدريج قدرتها على العيش بالطريقة الأوربية ، ويرى أن هناك عدة عوامل يمكن أن تكون مسئولة عن هذا التدهور منها تدهور نظام التصريف النهرى والتغير البشرى (بمعنى عدم وجود النشاط وروح المغامرة السابقة) ثم حالة التجمد الحضارى لقلة عدد السكان وموقعهم المتطرف وقلة التنوع المهنى وعدم وجود فرص العمل ، وإنتشار القرصنة الأوربية ونقص الأخشاب اللازمة لبناء السفن . والأسباب الاخيرة تعمل على زيادة العزلة ولهذا بدت الحياة موحشة غير جذابة .ورغم هذا فبعض هذه العوامل مثل الهجرة والعزلة وعدم وجود الأخشاب وعدم وجود العمل قد تكون نتيجة التغير البيئى .كذلك لايمكن أن نتجاهل تغير حدود الجليد البحرى .

زراعة الأراضى المرتفعة فى القرون الوسطى :

فى كثير من أنحاء أوربا بما فى ذلك بريطانيا كانت فترة التحسن المناخى الصغرى وبعض القرون التى سبقتها فترة توسع فى الاستيطان البشرى فى المناطق المرتفعة .ففى الثلاثينات من القرن الثالث عشر انتشرت قرى العصور الوسطى وزراعتها الشريطية إلى حد بعيد فى الأراضى المرتفعة حتى سببت خطرا على المراعى .وفى وسط النرويج تحركت حدود المنشآت السكنية وإزالة الغابات والمزارع من منسوب ١٠٠ إلى منسوب ٢٠٠متر على سفوح الجبال والوديان فى أوقات الفيكنج Viking (٨٠٠-١٠٠٠ سنة بعد الميلاد) ، بينما فى

كثير من أنحاء بريطانيا هناك أدلة على وجود زراعة القرون الوسطى فى الأجزاء المرتفعة التى تعلو أى شئ يبدو مناسباً الان ، حتى فى زمن الحرب (Lamb, 1966) على سبيل المثال ، كان حد الزراعة خلال القرن الثالث عشر فى North Thumberland على إرتفاع حوالى ٣٠٠ - ٣٥٠ متر فوق مستوى سطح البحر الحالى و١٢٠ - ١٥٠متر فوق الحدود الملائمة اليوم . وكانت هذه الفترة هى التى انتشرت فيها مزارع العنب فى عدد من المواقع فى جنوب وشرق انجلترا .وبعد مدة ، تعرضت هذه المستوطنات إلى التدهور .وقد حدث قدر كبير من هذا التدهور قبل الموت الأسود .فهناك حوالى ٥٠ قرية هاجرت فى مقاطعة أكسفورد و٣٤ فى North Amptonshire و١٠ % فقط من هذه القرى المتدهورة يرجع إلى الموت الأسود الذى حدث عام ١٣٤٨ ، أما الباقى فيبدو أنه شهد تدهوراً خطيراً فى سنوات الصيف المدمر والمجاعات فيما بين ١٣١٤ و ١٣٢٥ (Lamb, 1967) .

وفى اسكتلنده يرى (Parry, 1975) أن التدهور المناخى الغربى منذ بداية العصور الوسطى تسبب فى أن كثيرا من زراعة الأراضى المرتفعة فى جنوب شرق انجلترا أصبحت شبه هامشية فى القرن السابع عشر .ولعل فشل المحصول فى التسعينات من القرن السابع عشر والثمانينات من القرن الثامن عشر كان حافزاً مباشراً وراء هجر هذه المزارع ، ولكن الإستجابة لهذه الحوافز لم تكن واسعة الإنتشار أو دائمة إذ كانت إمكانية المحصول فى الأراضى المرتفعة لم تتناقص كثيراً فى القرون الثلاث السابقة .وعلى أساس البيانات التى قدمها Lamb وآخرون عن درجة التغير المناخى ، وبدراسة الحدود المناخية الحالية لنضج الشوفان ، يرى (1975, Parry) أنه فى أوائل فترة العصور الوسطى الدافئة كانت تغيرات تدهور المحصول بنسبة سنة واحدة فقط لكل عشرين سنة فى منطقة Lammermuir، ولكن فى منتصف القرن الخامس عشر إنخفضت هذه النسبة حتى أصبحت سنة واحدة لكل ثلاث سنوات ويبدو أن حوالى ٤٩٥٠هكتار من الأراضى المرتفعة فى Lammermuir-Stow قد هجرت ويوضح شكل رقم (٤-٩) تقدم التدهور المناخى فى هذه المنطقة على أساس متغيرين ، الأول هو قياس شدة دفء الصيف وهو الحرارة المتراكمة محسوبة فوق أساس ٤،٤ ^{o}م .ويوضح خط تساوى ١١٥٠ يوم درجة مئوية تطابقاً ملحوظاً مع الحد الزراعى عام ١٨٦٠ .أما مقياس الفائض المائى (P.WS) فهو لقياس رطوبة الصيف ويعبر عنه بالزيادة فى وسط ونهاية الصيف (حتى ٣١ أغسطس) فوق العجز فى أوائل الصيف .



شكل (٤ - ٩) التدهور المناخي ١٣٠٠ - ١٦٠٠ في مرتفعات اسكتلنده ممثلة بإنخفاض خطوط التساوي المركبة لـ ١٠٥ يوم / درجات مئوية و ٦٠ مم مجموع الماء الفائض . (from Porry , 1975)

وفى الدانمرك تعرضت القرى التى ينتهى أسمها بـ (Thorp فى الغالب للهجرة ، وكانت هذه القرى هى التى أنشئت متأخرة نسبياً من القرن العاشر حتى القرن العشرين (Steens-berg, 1951) وفى ايسلنده تناقص نمو القمح بعد سنة ١٣٠٠ بقليل وتوقف تماماً فى القرن السادس عشر ولم يزرع مرة ثانية إلى ما بعد العصر الجليدى الأصغر، ويبدو أنه وصل ذروته فى القرن العاشر .وفى النصف الأول من القرن الرابع عشر إنتقل مركز النشاط الإقتصادى من داخل ايسلنده إلى الساحل حيث أصبح الصيد هو النشاط الاقتصادى الرئيسى بدلاً من المحاصيل الزراعية وصناعة النسيج (Utterstrom, 1955) .

وانتهى العصر الذهبى فى السويد وهو عصر جوستاف الاول فى منتصف القرن السادس عشر ، وقد تبع هذه الفترة المزدهرة فترة كثرت فيها التقارير عن الكوارث الطبيعية ، وفشل المحاصيل ، والمجاعات والتى استمرت لنحو مائة عام إعتباراً من التسعينات فى القرن السادس عشر .

وثمة ظاهرة اقتصادية اخرى فى هذه الفترة تبعت التدهور المناخى كانت زيادة المياه فى مناجم الفضة فى أواسط أوربا بعد ١٣٠٠ سنة مما أدى إلى غلق أو تباطأ الكثير من هذه المناجم .

قراءات مختاره:

أ - بحوث عالجت الهولوسين بالتفصيل في دراسة كل من :

1- Butzer, K. W (1972) Environment and archeology : an ecologi- approach to prehistory . cal

2- West, R. G. (1972) Pleistocene geology and biology.

ب - بحوث ناقشت فترة المناخ الأمثل أو الارتفاع الحراري في الأعمال التالية

1- Deevey, E.S and Flint, R. F. (1957) Post - glacial hypsithermal interval, Science 125, 182 - 4 .

2- Denton, G. H. and Porter, S. C. (1970) Neoglaciation, Scientific American ,222 (6), 101 - 10 .

3- Mercer, J. H. (1967) Glacier resurgence at the atlantic / Sub - Boreal transition, Quarterly Journal Royal Meteorological Society ,93, 528 - 33

4- Curry, R. R. (1969) Holocene Climatic and glacial history of the central Sierra Nevada, Geological Society of America Special Paper 123, 1 - 47 .

5- Heusser C. J. (1961) Some Comparisons between climatic changes in North - Western North America and Patagonia, Annals New York Acadmy of Sciences 95, 642 - 57 .

6- Mckenzie, G. D. and Goldthwait R. P. (1971) Glacial history of the last eleven thousand years in Adams Inlet, South - eastern Alaska, Bulletin Geological Society of America, 82, 1767 - 82 .

جـ - بحوث عامة تعني بإقليمية الهولوسين ومشاكله :

1- Hafsen, U. (1970) A Sub - division of the Pleistocene Period on a synchronus basis, intended for global and universal use, Palaeo, 7, 279 - 96 .

2 - Mercer J. H. (1969) The Allerod Oscillation : A European Climatic anonaly ?, Arctic and Alpine research 1, 227 - 34 .

3- Manley, G. (1971) Interpreting the meteorology of the late and post - Glocial, Paleo ,10, 163 - 75 .

4- Manley, G. (1964) The Evolution of Climatic environment, in Watson and J. B. Sissons (eds) The British Isles : A Systematic Geography .

د - بحوث تناولت أثر التغيرات المناخية في أواخر الهولوسين على الإنسان والمستوطنات البشرية (رغم أنها ما زالت محتاجة للمزيد من البحوث) :

1- Huntington, E. (1907) Pulse of Asia, constable, London.

2- Visher, S. S, (1922) Climatic changes, Yale Univ. Press, New Hlaven .

3- Sauer. C. O. (1948) Environment and culture during the last deglaciation, proceedings American Philosophical Society, 92, 65 - 77 .

هـ - بحوث جاءت بآراء معارضة لدور التذبذبات في العصور الوسطى خاصة المناخ الأمثل وعصر الجليد الصغير ، قام بها عدد من المؤرخين والجغرافيين :

1- Steenberg, A. (1951) Archaeological dating of the climatic change in north Europe about A. D. 1300, Nature 168, 672 - 4 .

2-Uttersiorm, G. (1955) Climatic fluctuations and population problems in Early modern history, Scandinvian History Review 3, 1 - 47 .

3- Lamb, H. H, (1965) The early medieval warm epoch and its Sequei, Palaeol, 13 - 37 .

4- Lamb, H. H. (1966) Britain's Climate in the post, The changing climate.

5- Le Roy, E. L. (1972) Times of Feast, Times of famine, a history of climate Since the year 1000 .

د - أعمال عنيت بالحياة الحيوانية :

1- Martin, P. S. and Wright, H. E. (eds.) (1967) Pleistocene extinction

2- Alford, J. J. (1971) A geographic appraisal of Pleistocene overkill in N. America, Proceedings Association of American Geographers 3, 10 - 14 .

3- Krantz, G. S. (1970) Human activities and megafaunal extinctions, American Scientist, 58, 164 - 70 .

ز - أعمال عالجت دور التغيرات المناخية وأثرها فيما قبل التاريخ فى غرب أمريكا ، وهى كثيرة

1- Irwin - Williams, C. and Haynes, C. V. (1970) Climatic change and early population dynamics in south - western U.S, Quaternary Research 1, 59 - 71 .

2- Malde, H. E, (1964) Environment and man in arid America, Science 145, 123 - 9 .

3- Woodbury, H. E, (1961) Climatic changes and prehistoric agriculture in the South - Western U. S. Annals New York Academy of Science 95 - 705 - 9 .

4- Griffin, J. B, (1967) Climatic change in Amierican prehistory, in R. W. Fairbridge (ed) The encyclopedia of Atmospheric Sciences and Astrogeology, 169 - 71 .

5- Oldfield, F. & Schoenwett er J. (1964) Late Quaternary environments and early man on the southern high plains, Antiquity 38, 226 - 9

ج - أعمال تناولت بعض أجزاء من العالم القديمة :

1- Brooks, C. E. P. (1949) Climate through the ages, (2nd edn) .

2- nLamb, H. H. (1968) The climatic background to the birth of civilization, Advancement of Science 25, 103 - 20 .

3- Demougeot, E. (1965) Variations Climatiques et invasions, Revue Historique 228, 1 - 22 .

4- Wright H. E. (1968) Climatic change in Mycenaean Greece, Antiquity 42, 123 - 7 .

الفصل الخامس
التغيرات البيئية
خلال فترة تسجيل الأرصاد الجوية

" مهما يحمل لنا المستقبل فقد نكون محقين في القول بأن التذبذبات المناخية الحالية تأتي في المقام الاول من بين ما حدث وما سيحدث من تذبذبات مناخية لا نهائية وذلك من حيث إمكانية قياسها ودراستها وتفسيرها "

(H. W. Ahlmann, 1953)

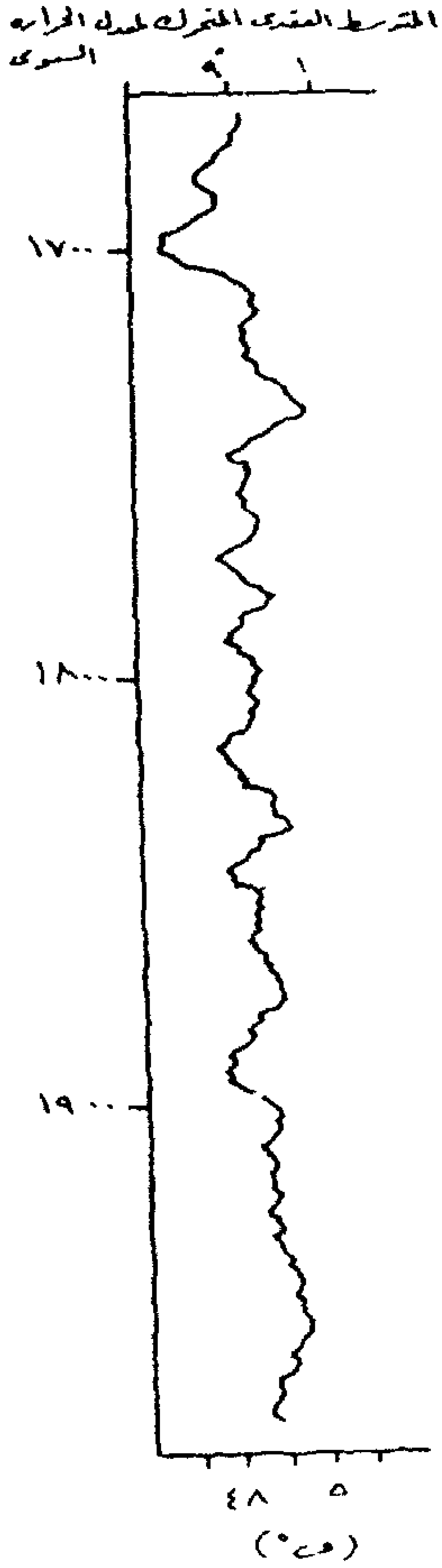
تغيرات درجات الحرارة في القرن الواحد والعشرين:

على الرغم من أن بعض الباحثين مثل Lamb, Manley, Ladurie ,Brooks استطاعوا تفسير الاحوال المناخية من خلال سجلات محفوظة فأضافوا المزيد من المعلومات حول الاحوال الجوية في مرحلة ما قبل الصناعة في بريطانيا ، واوروبا ، إلا أنه لم يكن هناك حتي القرن التاسع عشر أية أرصاد آلية منظمة قامت بها محطات تنتشر في أنحاء العالم.

واعتماداً علي ما وجد من تسجيلات آلية موثوق بها نسبياً ، استقينا معظم ما لدينا من معلومات عن آخر فترة من التطور البيئي.

ورغم أن هذه التسجيلات تفضل تسجيلات القرون السابقة ويمكن الاعتماد عليها والوثوق بنتائجها ، إلا إننا يجب أن نضع في الاعتبار أن أجهزة الرصد في حاجة دائمة للاستبدال والمعايرة من وقت لآخر . كما أن مواقعها وإتجاهاتها قد تحتاج الي التغيير نتيجة زحف العمران وتغير توزيع الغطاء النباتي . وعلي أية حال فالاختيار الدقيق لأفضل المحطات المتوفرة ، وحساب المتوسطات لعدد من المحطات في المنطقة ، يمكننا من الحصول علي صورة دقيقة عما يحدث من تغيرات .

والجدير بالذكر أن التغيرات المناخية في المائة عام الاخيرة ، أعظم عما كنا نتصوره ، فدرجات الحرارة والامطار قد أظهرت نزعات Trends أدت الي تذبذبات عظيمة في كل من الثلاجات وتصريف الأنهار ويوضح شكل ٥ - ١ مقارنة هذه التغيرات المناخية في بريطانيا منذ



- ١٦٩٠ سيادة الطقس البارد فوق المعتاد لاسيما من ١٦٩٢ - ١٧٠٢ مع ربيع متأخر القدوم وصيف بارد أو صيف اشد بروده فيما بين ١٦٩٥ - ١٦٩٨ عانت اسكتلنده من الحاجه .
- ١٧٢٦ - ١٧٣٩ بدايات مبكره ملحوظه للربيع مع صيف جاف ودف وخريف دافي مع فترة من الحصاد الجيد
- ١٧٤٠ - ١٧٤٨ ساد بصفه عامه صيف جاف مع رياح شرقيه أو شماليه مع شتاء شديد البروده في عام ١٧٤٠ .
- ١٧٥٩ - ١٧٨٣ ساد الصيف الدافيء مع وجود صقيع في الشتاء ١٧٧٠ وفيما بين ١٧٦٣ - ١٧٧١ كان الصيف اكثر رطوبه مع طقس ربيعي شديد البرود.
- ١٨٩٩ - ١٨٢٠ ارتفاع نسبة هبوب الرياح الشرقيه والشماليه مع ميل للتطرف حيث ساد طقس غير محبب فيما بين ١٧٩٩ - ١٨١٢ وكذلك في ١٨١٦ بصوره سيئه وقاسيه .
- ١٨٣٦ - ١٨٤٥ ميل نحو الصيف البارد الرطب مع حصاد ضعيف .
- ١٨٤٦ - ١٨٧١ طقس جاف ولكنه مفضل فيما بين ١٨٤٦ - ٤٧ ، ١٨٥٤ - ٥٩ ، ٧١ - ١٨٦٤ بينما في سنوات ١٨٤٨ و ١٨٥٢ و ١٨٦٠ كان الطقس اكثر رطوبه وشديد البروده .
- ١٨٧٢ - ١٨٨ طقس ممطر بصفه عامه وسيىء للغايه في . ١٨٧٩
- ١٨٨١ - ١٨٩٥ طقس اكثر جفافا مع أربع سنوات سادها شتاء قارسي وربيع اكثر بروده .
- ١٨٨٦ - ١٩٣٩ فترة تزايد فيها الاتجاه نحو طقس الرياح الغربيه مع الربيع الدافيء حتى ان طبقات الثلج قد اختفت في بن نيفس عام ١٩٣٣ الأول مره بعد غياب طويل . ١٨٤٠
- ١٩٤٠ - منذ ١٩٥٠ يسود طقس صيفي مسائل للبروده مع ربيع متأخر القدوم واصبحت الامطار اكثر تركزا في بعض المناطق مما يزيد من خطورة الفيضانات مع خريف متقلب وقد ساد شتاء سيىء في أعوام ١٩٤٠ ، ١٩٤٧ ، ١٩٦٣

(After Manley . 1971 , 1974 ond other Soutees)

شكل (٥ - ١) التقلبات المناخية في بريطانيا منذ ١٦٩٠

جدول ٥-١

تغيرات درجة الحرارة في القرن العشرين

نزعة الدفء في دوائر عرض مختلفة	
(١) عن Callendar, (١٩٦١)	متوسط درجة الحرارة ١٩٢١-١٩٥٠ ناقص متوسط درجة الحرارة ١٨٩١-١٩٢٠
درجات العرض	
٧٣-٦٠° ش	+,٨٣
٦٠-٢٥° ش	+,٣٩
٢٥ش-٢٥°ج	+,١٧
٢٥-٥٠°ج	+,١٤
(٢) عن Schell, 1961	متوسط درجة الحرارة ١٩٢١-١٩٤٠ ناقص متوسط درجة الحرارة ١٩٠١-١٩٢٠
٦٠-٨٠° ش	+١,٤٢
٤٠-٦٠° ش	+,٤٣
٢٠-٤٠° ش	+,٣١
٠-٢٠° ش	+,٢٧
٠-٢٠° ج	+,٢٤
٢٠-٤٠° ج	+,٢٤
٤٠-٦٠° ج	+,٠١
٦٠° ج	-,٤٠

جدول ٥-٢

التغيرات في متوسطات درجات الحرارة (°م)
في الفترة من ١٨٨١-١٩١٠ مقارنة بـ ١٩١١-١٩٤٠

المدينة	يناير	يوليو
فيينا	+١,٧٤	-,٥٠
زيورخ	+١,٧٢	-,٣٤
أوتريشت	+١,٠١	+,١٠
أيسالا	+١,٣٠	+١,٢٢

دراسات يابانية ، علي سبيل المثال ، علي أن بعض المدن اليابانية الكبيرة مثل طوكيو واوزاكا و كيوتو قد شهدت إرتفاعاً سريعاً في درجات الحرارة في الفترة من ١٩١٠ الي ١٩٥٠ حيث ازدادت درجة الحرارة بحوالي ٠,٩م في طوكيو و ٠,٦م في أوزاكا و ٠,٩°م في كيوتو ، بينما أوضحت المحطات الريفية ارتفاعاً أقل عما هو عليه في المدن الكبيرة ، وقد ارجعوا ٦٠٪ من هذا الارتفاع في المدن الكبيرة الي زيادة تأثير التحضر علي المناخ الدقيق وليس نتيجة التغيرات العامة في الاحوال الجوية (Fukui,1970)

وعلي الرغم من أن معظم المناطق ، سواء في نصف الكرة الشمالي ، أو نصف الكرة الجنوبي قد شهدت ارتفاعاً عاماً في متوسط درجات الحرارة السنوية في النصف الاول من القرن الحالي ، إلا أن هناك أدلة علي أن بعض المواسم قد جاءت أكثر دفئاً ومواسم أخري أكثر برودة . وعلي سبيل المثال ، كان هذا هو الحال في شرق آسيا حيث انخفضت درجات الحرارة في شهر يناير فيما بين عام ١٨٨٤ و ١٩١٠ وما بين عام ١٩١١ و ١٩٤٠م حوالي ٠,٨م في هونج كونج ، بينما ارتفع متوسط شهر يوليو ٠,٢م في كيوتو ، وفي نفس الفترة المذكورة سابقاً علي وجه التقريب كان الانخفاض في شهر يناير بمقدار ٠,٢م وكان الارتفاع في شهر يوليو ٠,٩م . ولكن الحالة كانت علي النقيض في اوروبا الوسطي كما يشير الجدول ٥-٢ و هذا يوضح مرة اخري خطورة التعميم علي مختلف بقاع العالم .

إن نمط شرق آسيا ربما يكون نتيجة التأثيرات الناجمة عن زيادة الضغط الجوي في فصل الشتاء علي القارة و الذي أدي الي هبوب المزيد من الرياح الشمالية القارسة البرودة والمستمرة فوق الساحل الصيني واليابان . وأدت زيادة الاعاصير في اوروبا الي شتاء اكثر دفئاً وصيف أشد برودة وبمعني آخر يبدو أن النظام القاري قد استقر ، كما أن هناك زيادة في تكرار هبوب الرياح الغربية .

كما أن تاريخ أقصي تحسن حراري يختلف من منطقة لأخري . ففي الجزر البريطانية كانت السنوات ما بين ١٩٣١ ، ١٩٤٠ هي أدفأ العقود في أقصي الشمال الغربي (Storno-way) ، بينما لم يحل أدفأ عقد في الجنوب الشرقي (Kew) إلا في الفترة ما بين ١٩٤٣ و ١٩٥٢ . .لقد وصلت درجة الحرارة الي أقصاها في الشرق الاوسط في الثلاثينيات من القرن

عام ١٦٩٠م . علماً بانه من الخطورة بمكان أن نقوم بتعميم هذه التغيرات علي المستوي العالمي حتي لو كان خلال فترة زمنية محدودة ، فقد تكون النزعات في إتجاه معاكس أو قد تظهر تعارضاً زمنياً . وفيما يلي بعض الملامح التي يمكن أن نلاحظها بصورة خاصة .

أولاً: كانت هناك مرحلة من الدفء خلال جزء من القرن الحالي ، وذلك علي الرغم من أن درجات الحرارة قد تغيرت من منطقة لأخري حسب موقعها من دوائر العرض ، مع الميل أن تكون الزيادات في العروض العليا من نصف الكرة الشمالي أكبر من غيرها ، وهذا ما يوضحه جدول ٥-١ حيث يفسر درجة التغير بطريقتين تختلفان اختلافاً طفيفاً ، وإن كانتا تتفقان فيما يختص بشمال دائرة عرض ٦٠° ش .

وحتي في دولة صغيرة مثل السويد ، يبدو أن الجنوب قد إرتفعت درجة حرارته أقل من الشمال ، وبمقارنة ارتفاع متوسط درجة الحرارة في شهري ديسمبر ومارس في الفترة ١٩٠١ - ١٩٣٠ بتلك الفترة المحصورة فيما بين عامي ١٨٥٩ و ١٩٠٠ - فقد كانت ١,٢° م في Hapa-randa و ٠,٨٧م في Ostersund و ٠,٥م في Uppsala و ٠,٥م في Lund (Liliequist, 1943) . ولكن تأثير دوائر العرض علي مدي التغير الحراري في بعض الاماكن يبدو مختلفاً ، ففي الشرق الاوسط علي سبيل المثال يتضح أن أكبر الزيادات التي حدثت في درجات الحرارة كانت في الجنوب وليست في الشمال .

وقد بلغ إرتفاع درجة الحرارة منذ عام ١٩٠١ حتي الثلاثينيات من نفس القرن ٠,٥م في نيقوسيا و ٠,٧٥م في بيروت و ٠,٨م في القدس وارتفع الي ٠,٩ - ١,٠°م في كل من القاهرة والاسكندرية والخرطوم . وقد قام Wexler في عام ١٩٦١بدراسة الاحوال المناخية في أمريكا الصغري وأنتركاتيكا حيث أوضحت الدراسة أنه فيما بين ١٩١١ و ١٩٥٨ كان هناك اتجاه نحو ارتفاع درجة الحرارة بنحو ٢,٦°م في الفترة ما بين ١٩١٢ وعام ١٩٥٧ علي وجه الخصوص . وقد تبدو هذه النتائج مختلفة مع تلك التي توصل اليها Schell عام ١٩٦١ والموضحة في الجدول ٥ - ١ ، حيث يري أن التغيرات في أقصي جنوب النصف الجنوبي من الكرة الارضية كانت ضئيلة للغاية ومعدومة .

ولا شك أن التحضر Urbanization يعد واحداً من أسباب التغير المحلي ، فقد دلت

جدول ٥ - ٣

التغيرات فى درجات الحرارة (أبريل - يونيو)

فى محطات أوربية منذ عام ١٨٦٠

المحطة	أدفأ العقود	متوسط درجات الحرارة (°م)	أبرد العقود	متوسط درجات الحرارة (°م)	الفارق
Angmagssalik	١٩٢٦-١٩٣٥	٢,١٤	١٨٩٩-١٩٠٨	٠,٠٩	٢,٠٥
Vestmanno	١٨٨٩-٩٨	٧,٦٩	١٩٤٨-٥٨	٥,٦٣	٢,٠٦
Spitzbergen	١٩٥١-٦٠	-٢,٩٩	١٩١٢-٢١	-٥,٩٩	٣,٠٠
Hapoaranda	١٩٤٥-٥٤	٦,٢٢	١٨٧٣-٨٢	٤,٠٨	٢,١٤
Bodo	١٩٤٥-٥٤	٦,٥٣	١٨٧٣-٨٢	٥,٢٩	١,٢٩
Helsinki	١٩٤٥-٥٤	٩,٢٢	١٨٧٣-٨٢	٧,١٣	٢,٠٩
C. England	١٩٤٣-٥٢	١١,٨٢	١٨٧٩-٨٨	١٠,٤٦	١,٣٦
De Bilt	١٩٤٠-٤٩	١٤,١٢	١٩٥١-٦٠	١١,٧١	٢,٤١
Zurich	١٩٤٢-٥١	١٣,٨٥	١٨٧٩-٨٨	١٢,٣٤	١,٥١
Milan	١٩٤٣-٥٢	١٨,٩٨	١٨٧٩-٨٨	١٦,٨٠	٢,١٨
Barnaul	١٩٣٨-٤٧	١١,٢٦	١٨٨٢-٩١	٨,٦١	٢,٧٥

After Harris, 1964

جدول ٥-٤
عدد مرات سقوط الثلج وحدوث الجليد والصقيع
في القرنين ١٩ . ٢٠

أ- أيام الصقيع ، أيام الجليد ، الأيام الباردة في السويد

عدد الأيام	١٨٦١-٧٠	١٨٧١-٨٠	١٨٨١-٩٠	١٨٩١-١٩٠٠	١٩٠١-١٩١٠	١٩١١-١٩٢٠	١٩٢١-١٩٣٠	١٩٣١-١٩٤٠
الصقيع	١٢١,٨	١٢٢,٢	١٢٣,٤	١٢٤,٧	١٢٥,	١١٥,٤	١١٧,٢	١٠٣,٤
الجليد	٥٥,٨	٥٨,٢	٥٧,٢	٥٧,٩	٥٦,٢	٥٥,٩	٥٧,٢	٤٧,١
البرودة	٤٣	٤٨	٢٤	٣٣	٨	١٩	٢١	١٩

١- أيام درجة حرارتها الدنيا < صفر °م .

٢- " " " " < صفر °م .

٣- " " " " < ١٠°م .

After Lilijequist, 1943

ب-تكرار الثلج في محطات مختارة

الموقع	١٨٩٥-١٨٩٦ إلى ١٩٣٧-١٩٣٨		١٩٣٨-٩ إلى ١٩٦١-٢	
	(١)	(٢)	(١)	(٢)
Lerwick	١٠,٣	٢٣	٢٤,٦	٨٣
Tynemouth	٧,٤	١٦	١٠,٩	٢٣
Cambridge	٧,٧	١٤	١٢,٤	٢٣
Ross on Wyne	٥,٤	٩	٩,٧	٢١
Freiburg	٢٣,٢	٧٠	٣١,٨	٩٢

(١) = متوسط عدد الأيام الثلجية

(٢) = النسبة المئوية لعدد فصول الشتاء التي يكون فيها ١٥ يوم ثلجية

After Lamb, 1969

تابع جدول ٥-٤

ج - عدد الأيام التى يحدث فيها غطاء جليدى فى النرويج والسويد

البحيرة	-١٩٠٠	-١٩١٠	-١٩٢٠	-١٩٣٠	-١٩٤٠
Femund (النرويج)	١٧٦,٣	١٥٨,٨	١٦٨,٢	١٥٦,٤	١٦١,٨
Mjosa (,,)	-	٧١,٦	٦٥,٢	٢٢,٨	٤٩,٨
Roosvatn (,,)	-	١٦٤,٤	١٥٩	١٣٨,٩	١٤٤,٦
Bolmen (السويد)	-	١٠٥,٣	٩٨,٤	٨٦	٩٣,٣
Siljan (,,)	١٣١,١	١٠٢,٢	١١٠	١٠٨,٥	١٠٢
Storsjon (,,)	١٦٨,٤	١٥٥,٨	١٤٩,٩	١٤٥,٥	١٤٤,٦
المتوسط	-	١٢٩,٢٣	١٢٣,٦٢	١٠٩,٦٨	١١٦,١

× أخذت من بيانات في World Weather Records للمؤلف .

د - تواريخ أول وأخر تساقط للثلج من ١٨١١ إلي ١٩٦٠

	الخريف	الربيع
١٨١١-١٨٤٠	١٨ نوفمبر	٢٢ أبريل
١٨٤١-١٨٧٠	٢١ نوفمبر	١٧ أبريل
١٨٧١-١٩٠٠	٢٣ نوفمبر	١٢ أبريل
١٩٠١-١٩٣٠	٢٥ نوفمبر	١٥ أبريل
١٩٣١-١٩٦٠	٨ ديسمبر	١ أبريل

عن Manley, 1964

هـ - خصائص طقس أبريل فى Newark (مقاطعة نونتجهام - انجلترا) .

	١٩٤٦-٦٦	١٩٦٧	١٩٦٨	١٩٦٩	١٩٦٧-٩
متوسط أدني حرارة يوميه(°م)	٤,٩	٣,٨	٢,٢	٢,٢	٣,٠٧
أدني درجة حرارة شهرية (°م)	٠,٢	-٥,٢	-٦,٥	-٣,٤	-٥,٠٣
عدد مرات الصقيع	١,١	٤	٩	٩	٧,٣٣
الأيام الثلجية	١,٣	١	٣	٣	٢,٣٣

عن Lyall, 1970

الحالي ، بينما بالنسبة للأسكندرية فلقد كان أدفأ عقد خلال العشرينات (Rosenan, 1963) . أما في اليابان فلقد استمر الدف ء الي عام ١٩٦١ ولكن الحرارة انخفضت بعد ذلك . ويبين جدول ٥-٣ تواريخ أدفأ العقود وابرزها في اوروبا مع خصائص درجات الحرارة .

وأحد الامور الناتجة عن نزعة الدف ء يمكن رؤيتها عند استعراض تواريخ أول وآخر هطول للثلج علي لندن منذ عام ١٨١١م حتي ١٩٦٠ . وكما يدل الجدول٥-٤-د ، ففي السنوات الاولي من القرن التاسع عشر كان متوسط الفترة الفاصلة بين أول وآخر هطول أكثر من ١٥٠ يوماً ولكن فى الفترة ما بين ١٩٣١ و ١٩٦٠ أصبحت الفترة الفاصلة ١١٣ يوما فقط . ولو قارنا الفترة ما بين ١٩٣١ و ١٩٦٠ بالفترة ما بين ١٩٠١ و ١٩٣٠ نري ان فترة توقع سقوط الثلج قد قلت حوالي اربعة اسابيع . وربما يكون هذا ناتجاً الي حد ما عن التحضر والامتداد العمراني .

ونتيجة اخري ناجمة عن زيادة الدف ء الاكبر ، هى تدهور اتساع الغطاء الجليدي علي الانهار والبحيرات فى العروض العليا حتى الثلاثينيات أو بعد ذلك . ويوضح جدول ٥ -٤جـ بعض البيانات عن النرويج والسويد ومن بين البحيرات المذكورة بحيره Mjosa في النرويج وفيها يظهر أكبر تدهور في الغطاء الجليدي حيث انخفض من متوسط ٧١,٦ يوم من الجليد في السنه الواحدة في العقد التالي لعام ١٩١٠ الي ٢٢,٨ يوم خلال العشرينات والثلاثنيات .

وفي السنوات الاخيرة هناك ما يدل علي أن الاحوال الجوية في بعض المناطق قد أصبحت اكثر برودة منذ سنوات الدف ء الامثل . والتي استمرت في كثير من الجهات خلال العشرينات والثلاثنيات .

ويوضح شكل ٥-٢-د هذه الحقيقة في نصف الكرة الشمالي حتي عام ١٩٧٠ ، وقد اتضح أن متوسط درجات الحرارة في معظم الولايات المتحدة الامريكية كان اكثر برودة في الفترة ما بين ١٩٦١ و ١٩٧٠ عن الفترة ما بين ١٩٣١ و ١٩٦٠ (Kalnicky ,1974) وغالباً ما هبطت درجة الحرارة في شرق الولايات المتحدة بمتوسط ٠,٥°م علي الاقل .

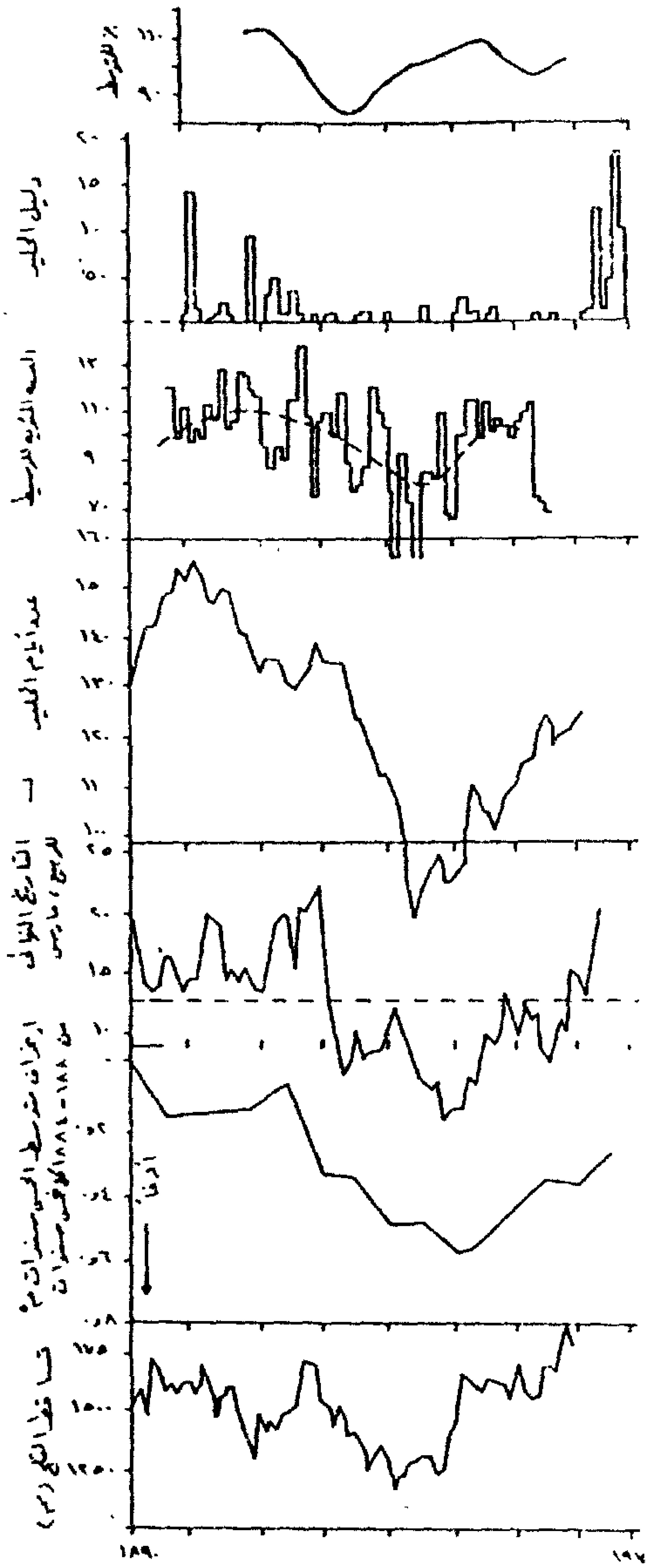
ولقد شهدت مدينة اكسفورد في الفترة ما بين ١٩١٠ و ١٩٣٠ تسع مواسم فقط كان الشتاء اكثر برودة عن المعدل المعتاد ، وثلاث اخري من هذه المواسم التسع انخفضت فيها درجة الحرارة بمعدل يزيد عن درجة واحدة ، بينما شهدت نفس المدينة في الفترة من ١٩٣٩ الي ١٩٦٥ ستة عشر موسما كان شتاؤها اكثر برودة وكان معدل انخفاض درجة الحرارة في خمس من هذه

المواسم ملحوظاً بدرجة كبيرة . وفي الفترة من عام ١٩٢٦ الي عام ١٩٣٨ لم تشهد اية سنة زيادة في متوسط الغطاء الثلجي بينما حدث هذا ١٤ مرة في الفترة ما بين ١٩٢٩ و ١٩٦٥ . وفي اواخر الستينات كان هناك ميل ملحوظ نحو جو اكثر برودة خلال مواسم الربيع وكانت فترة حرجة بالنسبة للبساتين والزراعة كما يتضح من بيانات عن منطقتي Newark و Notts (Lyall, 1970) حيث تعرضت درجة الحرارة الدنيا اليومية ودرجة الحرارة الدنيا الشهرية وعدد مرات الصقيع للتغير الملحوظ في شهر ابريل (جدول ٥-٤-هـ) .

وتتوفر معلومات مماثلة لمدينة اكسفورد ، وعلي اساس درجات الحرارة وأول خمسة ايام ترتفع فيها درجة الحرارة بحيث تكفي لنمو النباتات ، أمكن وضع تعريف عملي لفصل الربيع (شكل ٥-٢-هـ) . وفي الخمسين سنة الاول من الفترة فيما بين ١٨٦٩ و ١٩٧٠ وعلي اساس المتوسط المتحرك لكل عشر سنوات كان اول ايام الربيع (كما سبق تعريفه) يقع بين ١٢ و ٢٢ مارس ، ولكن نتيجة لموجة الدف ء التي عمت في الثلاثينيات والاربعينيات تقدم بداية الربيع حول ١٩٤٠ حيث اصبح في الثالث من مارس . ومنذ عام ١٩٦١ حتي ١٩٧٠ تأخرت بداية الربيع حيث بدأ في ١٩ مارس . وفي الفترة من ١٩٢٢ الي ١٩٦٠ كان متوسط كل عشر سنوات قبل ١٣ مارس ماعدا واحدة حيث انه خلال أخر خمس سنوات في الفترة من ١٨٦٩ الي ١٩٧٠م كان متوسط العشر سنوات بعد ١٢ مارس (Davis, 1972) .

وقد حدثت ايضاً تغيرات في موسم النمو في حزام الذرة في الولايات المتحدة الامريكية (Brwn, 1976) ، هذه الفترة (التي عرفت بعدد الايام بين أخر حالة صقيع قاتلة في الربيع وأول حالة في الخريف) قد انخفضت ما بين ٢٢ و ٤٣ يوماً في محطات حزام الذره خلال الثلاثين عاماً الماضية ، باستخدام معدل متحرك عن كل ١١ عاماً وبما ان معدل فصل النمو في حزام الذرة الآن ١٦٥ يوماً فإن اي انخفاض بسيط يمكن احتماله حيث أن الحد الادني لتهجين الذرة يتراوح بين ١٠٠ ، ٣٠ يوماً .

كما أن غطاء الجليد لبحر البلطيق قد شهد إتجاها عاماً يمكن مقارنته بمواسم الربيع في اكسفورد (شكل ٥-٢-د) مع انخفاض حاد فيما بين ١٨٩٥ ومنتصف الثلاثنيات من القرن التاسع عشر والتي تبعها ارتفاع مطرد في عدد الايام المغطاة بالثلوج حتي منتصف الستينات من القرن التاسع عشر .



أ - متوسطات ٢٠ سنه لمعدل كمية المطر فى الشتاء والربيع فى ١٤ محطة فى شمال افريقيا والشرق الاوسط (From Winstanley , 1973)

ب - إمتداد جليد أيسلنده (المده بالأسابيع مضروبه فى عدد المساحات التى يغطيها الجليد على طول السواحل (Schell, 1974) .

حـ - الإختلافات فى المياه الجارية السنويه فى الولايات المتحده ككل الخط المتقطع يشير الى الإتجاه العام (From Leopold et al , 1964)

د - متوسطات عشر سنوات يقع مركزها عند تاريخ عدد الأيام للفصول التى يوجد بها الجليد فى بحر البلطيق عند Stugsond

(From Dovis , 1972)

هـ - التاريخ النهائى للربيع فى اكسفورد ، انجلترا ممثلا بمتوسط عشر سنوات .

(From Davis , 1972)

و - تغييرات درجات الحرارة فى نصف الكره الشمالى ، موضحه بمتوسطات لكل خمس سنوات ويعدا عنها بالانحرافات من متوسط ١٨٨٠ - ١٨٨٤ (From Kalnicky , 1974)

ز - المتوسط المتحرك لعشر سنوات لتساقط الثلج (مم) فى Massachusetts Blue Hill بالولايات المتحدة

(From data in Canover , 1967)

شكل (٥ - ٢) التغيرات فى العناصر المناخيه منذ ١٩٠٠

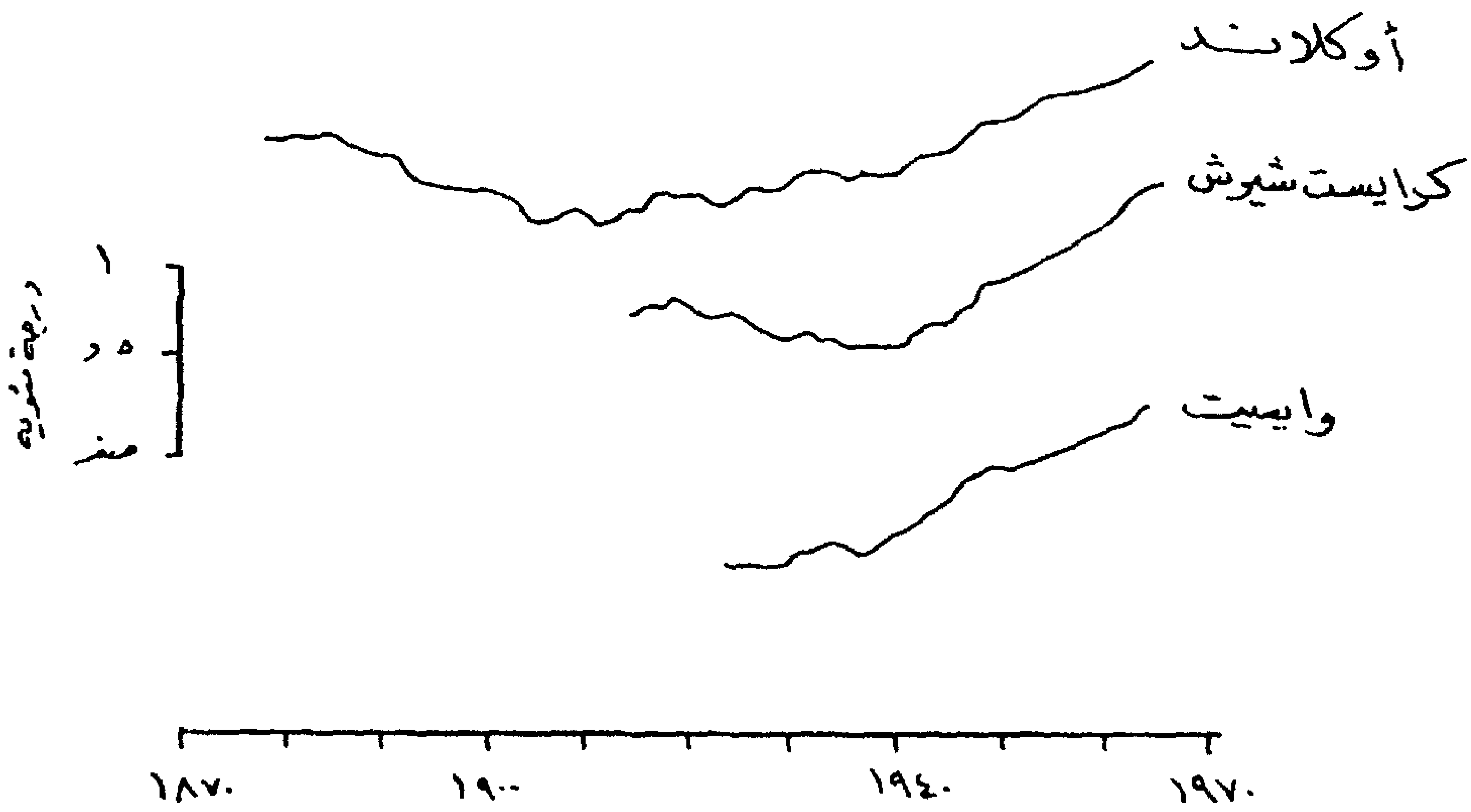
وبالمثل فلقد انخفضت درجة حرارة المياه في معظم شمال الاطلنطي وشمال دائرة العرض ٤٠°ش في السنوات الأخيرة مع انخفاضات شديدة تصل الي ٢,٥°م خلال الخمسينات من القرن العشرين في غرب الاطلنطي فيما بين دائرتي عرض ٤٠° و ٦٠°م شمالاً .واستمرار هذه النزعة قد يكون لها اثرها الحتمي علي صناعة صيد الاسماك في شمال اوروبا .

وثمة ظاهرة اخري لاتقل اهمية عما عداها لما لها من تأثير علي حركة النقل وما شابهها ، فقد ازدادت مرات هطول الثلج منذ آخر اعتدال مناخي . وتشير ارقام جدول ٥-٤ ب الي كيفية زيادة عدد ايام هطول الثلج وعدد فترات التساقط الطويلة منذ ثلاثنيات هذا القرن . وعلي سبيل المثال ففي Lerwick في جزيرة Shetland ازدادت فترة هطول الثلج اكثر من الضعف .

وقد اوضحت السجلات الجوية في نيو انجلند في الفترة من ١٨٨٥ - ١٨٨٦ وحتي ١٩٦٥ - ١٩٦٦ انخفاض في هطول الثلوج حتي حول ١٩٤٠ مع سقوط كميات ضئيلة من الثلوج في العشرينات والثلاثنيات من القرن العشرين . وعلي كل حال فمنذ عام ١٩٤٠ (شكل ٥-٢ و) كان هناك ارتفاع ملحوظ في عدد مرات وكمية هطول الثلوج . وعلي اساس المتوسط المتحرك لكل عشر سنوات نجد أن نهاية خمسينيات هذا القرن كان هو العقد الاكثر ارتفاعاً في حرارته منذ أن بدأت عملية التسجيل .والمتوسط المتحرك الذي يقع مركزه عند شتاء ١٩٣١ كانت كمية تساقط الثلج ١١٧سم ، وبحلول ١٩٥٩ ارتفع المتوسط المتحرك للعشر سنوات إلى ١٨٣سم .

وفي المنطقة القطبية الكندية الشرقية (Baffin Island) أدت التغيرات التي حدثت في كل من درجة الحرارة وسقوط الجليد الي زيادة غطاء الجليد ونمو التلال الثلجية الدائمة والثلاجات خلال ستينيات القرن العشرين Bradley and Miller ,1972 , فلقد تم تسجيل انخفاض ملحوظ في درجة الحرارة مقداره ٢°م في مواسم الصيف التي يذوب فيها الجليد ، وزيادة التساقط خلال فصول الشتاء مما أدي الي تراكم تلال ثلجية تجاوز سمك الفطريات عليها ٢٥مم ، ولكي تصل الفطريات Lichens الي هذا الحجم فلابد انها لم تتأثر بالثلج منذ ٤٠ عاماً .

وخلاصة القول أنه بعقد المقارنة بين احوال درجة الحرارة في الفترة من عام ١٩٠٠ الي عام ١٩١٩ بنظائرها في الفترة من عام ١٩٢٠ الي ١٩٣٩ نجد أن حوالي ٨٥٪ من سطح الارض قد شهد نزعة نحو الدفء في المتوسط السنوي لدرجات الحرارة ، بينما بدراسة المعلومات



شكل (٥ - ٣) المتوسط المتحرك لعشرين سنة لمعدل الحرارة لمحطات نيوزيلندية نموذجية .

المتوفرة عن درجات الحرارة في الفترة ما بين ١٩٤٠ و ١٩٦٠ سنجد أن حوالي ٨٠٪ من اجمالي سطح الارض ربما يكون قد شهد برودة سنوية (Mitchell, 1963) . إلا أن بعض المناطق مثل غرب الولايات المتحدة ونيوزيلنده وجنوب شرق كندا وأوروبا الشرقية وساحل المحيط الهادي الآسيوي وهضبة البرازيل وأجزاء متعددة في غرب المحيط الهندي مازالت مستمرة في الدفء منذ عام ١٩٤٠ ، ولم يتضح بعد مدي استمرار وبقاء هذا الوضع في الستينات والسبعينات من القرن الحالي. وعلي كل حال فدرجة الحرارة في نيوزيلنده علي ما يبدو مازالت في ارتفاع مستمر (Salinger and Gunn, 1975) (شكل ٥-٣) ، ونفس الشئ يحدث في كثير من أنحاء استراليا (Tucker, 1975) .

تغيرات المطر:

من الصعب تعميم تغيرات المطر التي شهدتها فترة التسجيل الآلي كما هو الحال بالنسبة لدرجات الحرارة ، رغم أن هذا التغير كان موضع الاعتبار . ففي كثير من الجهات المدارية وشبه المدارية ، علي سبيل المثال ، هبط التساقط الي مستوي منخفض جداً في العشرينات والثلاثينات من القرن العشرين بعد أن كان علي أشده في التسعينات من القرن الماضي واوائل القرن العشرين (جدول ٥-٥ أ و ب و حـ) . وقد بلغ هبوط التساقط في الشرق الاوسط أدنى مستوي له في العشرينات والثلاثنيات حيث بلغت نسبة الهبوط ١٢ - ١٨٪ من المتوسط في كل من نيقوسيا وبيروت وتل ابيب وبلغت ٣٠ - ٤٤ ٪ في حيفا والقدس والاسكندرية ولم تقل عن ٧٧٪ في القاهرة . وكانت كمية التناقص المطلقة عن المتوسط السنوي ٢سم في القاهرة ومن ٦ - ١١ سم في الاسكندرية وتل ابيب وبيروت ونيقوسيا وتراوحت بين ١٩ ، ٢٠سم في القدس وحيفا (Rosenan, 1963). وتشير بيانات شرق الولايات المتحدة الي نقص ملحوظ في الجزء الاول من القرن العشرين مقارنة بالاربعين سنة الاخيرة من القرن التاسع عشر (جدول ٥-٥ د) .

وفي منطقة البحر المتوسط ، لوحظ تناقص التساقط بحوالي ١١٪ اي حوالي ١٠٠مم في جبل طارق بين سنة ١٨٨١ و ١٩١٠م حيث كانت كمية المطر ٩٤٣مم وفي ١٩١١ الي ١٩٤٠م كانت ٨٤٢مم . ونحو الشرق نجد أن عدن مثل باقى محطات الشرق الاوسط شهدت نقصاً

جدول ٥ – ٤

تذبذبات المطر فى المناطق المدارية – والولايات المتحد وأستراليا

ا. الأمطار المدارية :

الموقع	١٨٩٨-١٩٤٧	١٩٠٧-١٩١١	
باربادوس	+١٤	-٩	تمثل هذه الأرقام النسب
يوجوتا	+١٠	-٣	المئوية للإنحراف عن
كولومبو	+٤	-٨	متوسط الأمطار النوية عام
فريتون (١٨٧٥ - ١٨٩٩)	+١١	-١٢	١٨٨١م .
جورج تاون (كوينزلاند)	+٢٠	-٨	
هافانا	+١٠	-٥	
هونولولو	+١٣	-١٢	
رسايف	+٤٢	-١١	
تونزفيل	+١٧	-٤	
ترينداد	+١٠	-٧	
فزاجباتان	+١٠	صفر	

ب- متوسط الأمطار كنسبة مئوية من ١٨٨١-١٩٤٠

	١٨٦١-١٨٨٠	١٨٨١-١٩٠٠	١٩٠٠-١٩٢٠	١٩٢١-١٩٤٠	١٩٤١-١٩٦٠
شرق الولايات المتحدة (٣٠-٤٣°ش) سبع محطات	١٢٥	١٠٩	٩١	٩٩	١٠٨
شرق أستراليا (١٩-٣٨°ش) اربع محطات .	١١٣	١١١	٩٦	٩٣	١٠٨

قدره ٣٤٪ (١٩سم) في نفس الفترة . وبعد عام ١٩٤٠م زادت كمية المطر مرة ثانية في معظم الاماكن ولكن كانت هناك فترة جفاف حول عام ١٩٦٠ .

وقد اتضح من الدراسات التفصيلية عن تغير الامطار في بريطانيا التنوع الكمي بين المناطق المختلفة والتنوع المكاني في كل من النهايات العظمي والدنيا (Gregory, 1956) .

وفي تلك الاجزاء من بريطانيا ، المكشوفة أمام المؤثرات الغربية يتضح تتابعاً مع انخفاض اجمالي في كمية المطر من عام ١٨٨١ حتي ١٨٩٢ - ١٩٠١ ، ثم زيادة في الفترة من ١٩٠٩ - ١٩١٨ يليه ثبات حتي ١٩٢٢ - ١٩٣١ عند هذا المستوى المرتفع . ثم انخفاضا حتى ١٩٥٠ ويلاحظ بشكل عام أن أغلب المحطات البريطانية شهدت ارتفاعا فى كمية الأمطار حتى أوائل العشرينات تم تناقصا عاما فى الفترة من ١٩٢٣ - ١٩٣٢ ولكن مع وجود اختلافات اقليمية حول بداية زيادة التساقط ومعدله وكيفية الزيادة والوقت الذي سجلت فيه اقصي قيم التساقط . وعلي كل حال اذا أخذنا الفترة ما بين ١٩٠٠ و ١٩٥٩ في شمال انجلترا نجد اختلافاً بين المناطق الجبلية شديدة الانحدار وتلك المناطق المجاورة التي تقع في ظل المطر وقد أدي هذا الوضع الي زيادة في الامطار بنسبة ١٥٪ في الاراضي الواطئة حول ما نشستر وفي اقليم البحيرات وبنسبة ١٠٪ في Rossendale و Bowland fells ورأس خليج Lune . وقد حدث انخفاض حقيقي علي الجانب المحمي Lee من جبال البنين في وادي Eden وفي منطقة Slaithwaite، وبالمثل بلغت الامطار ذروتها في Slaithwaite من ١٩١٠ الي ١٩١٩ بينما في أقصي الغرب قرب الشاطئ كانت الذروة بين ١٩٢٣ و ١٩٣٢ (Barret , 1966) .

تغيرات المطر في العروض الدنيا في القرنين ١٩ ، ٢٠ :

كما سبق وأن ذكرنا هناك أجزاء كثيرة من المناطق المدارية وشبه المدارية شهدت تناقصاً في كمية التساقط في فترة مقابلة لمرحلة الدفء في العروض العليا . ويتضح هذا علي سبيل المثال من بيانات لشرق استراليا (جدول ٥-٥ ب و جـ) حيث شهد حوالي ٢,٥ مليون كم٢ من آستراليا تناقصاً واضحاً في كمية التساقط في الفترة من ١٩١١ الي ١٩٤٠ مقارنة بالفترة من ١٨٨١ الي ١٩١٠ ، بينما لم ترتفع الامطار إلا في حوالي ٢٥٠٠٠٠ كم٢ فقط وقد عانت المنطقة القاحلة

تابع جدول ٥ – ٥

ج – متوسط المطر فى ولاية كوينزلاند سم / سنة

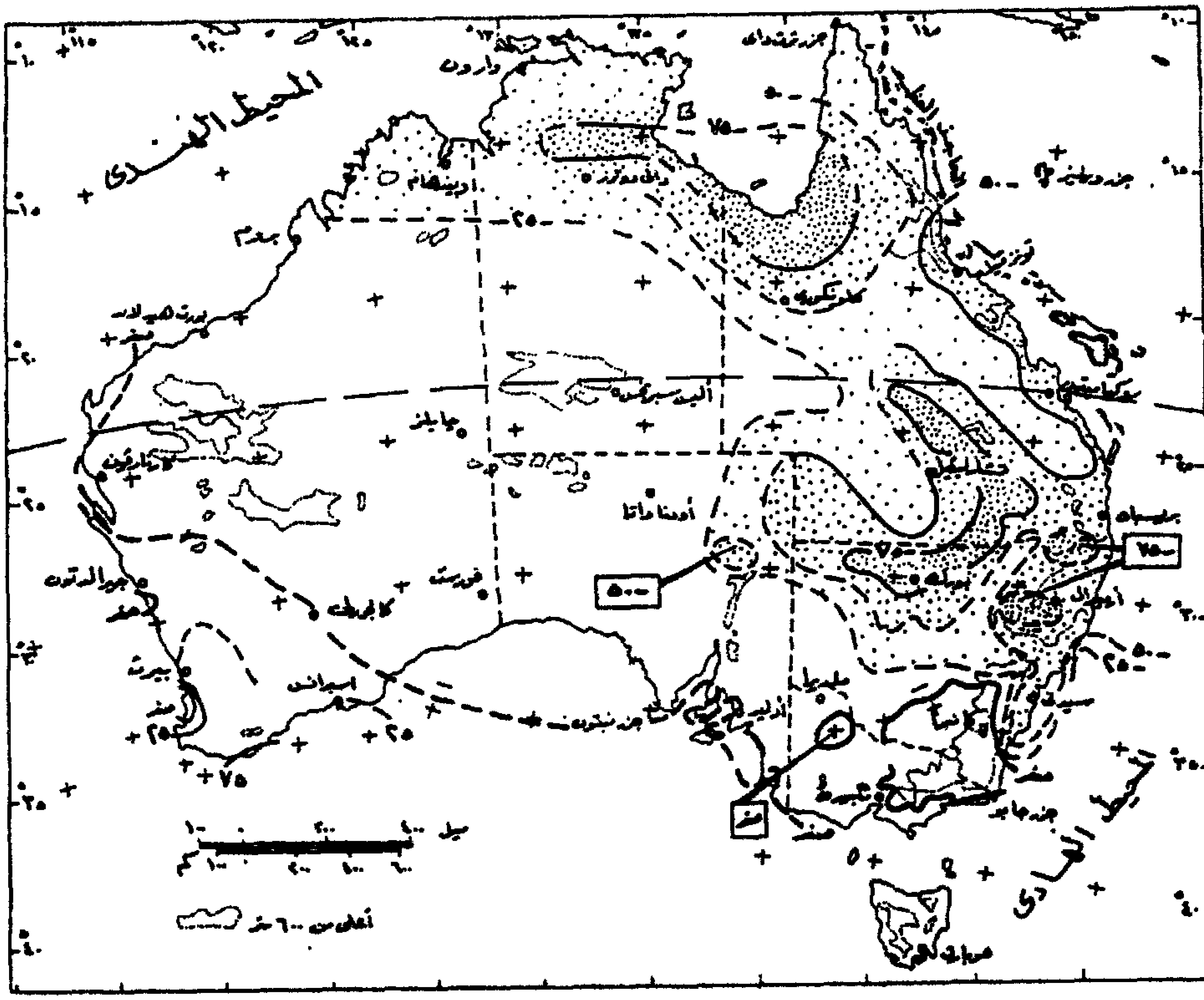
	جورج تاون	تاونزفيل	جلبرت ريفر
١٨٧٢-١٨٩٦	٩٥,٢٥	١٣٧,٢	٩٧,٣
١٩١١-١٩٤٠	٧٣,٢	٩٠,٧	٦٨,٣

د – تغير المطر فى الولايات المتحدة

(النسبة المئوية للإنحراف عن المتوسط)

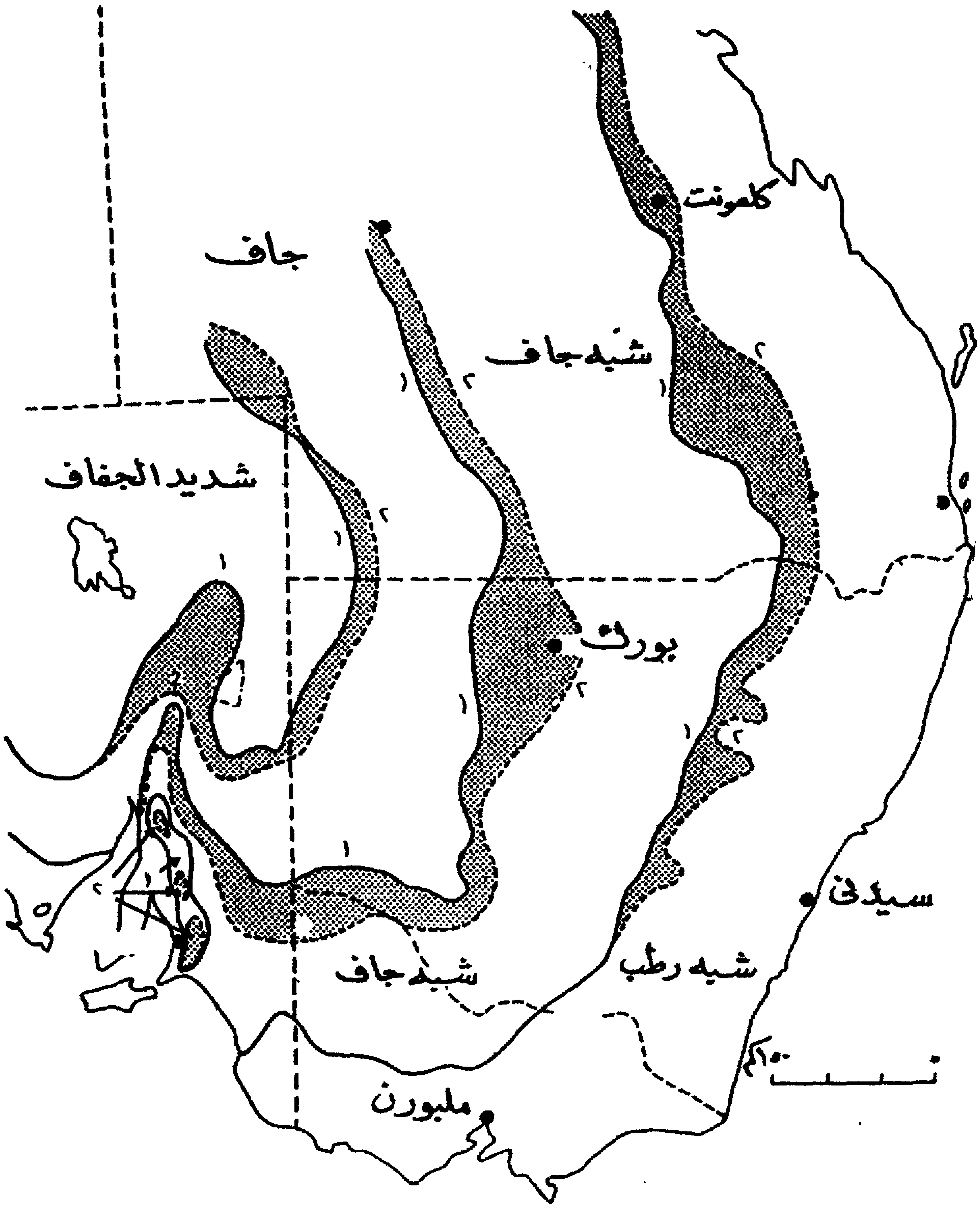
	متوسط ١٨٨١-١٩٤٠	متوسط ١٨٦١-١٩٠٠	متوسط ١٩٠١-١٩٤٠
تشارلستون	١١٢,٣	٢١,٤+	٧,٨-
واشنطن	١٠٣,٩	٥,٨+	١+
نيويورك	١٠٨,٧	٣,٤+	٢,٩-
الباني Albany	٨٣,١	١٧,١+	٢,٩-
بوسطن	١٠٠,٨	١٢,٣+	٢,٣-

(After Kraus, 1954, 1955(a), 1955 (b).



شكل (٥ - ٤) تزحزح المناخ فى أستراليا منذ ، ١٨٨١

أ - خطوط إختلاف المطر المتساوى السنوى (١٩٤٠ / ١٩١١ - ١٩١٠ / ١٨٨١)



شكل (٥ - ٤ب) تزحزح النطاقات المناخية

١ - ١٨٨١ - ١٩١٠

٢ - ١٩١١ - ١٩٤٠

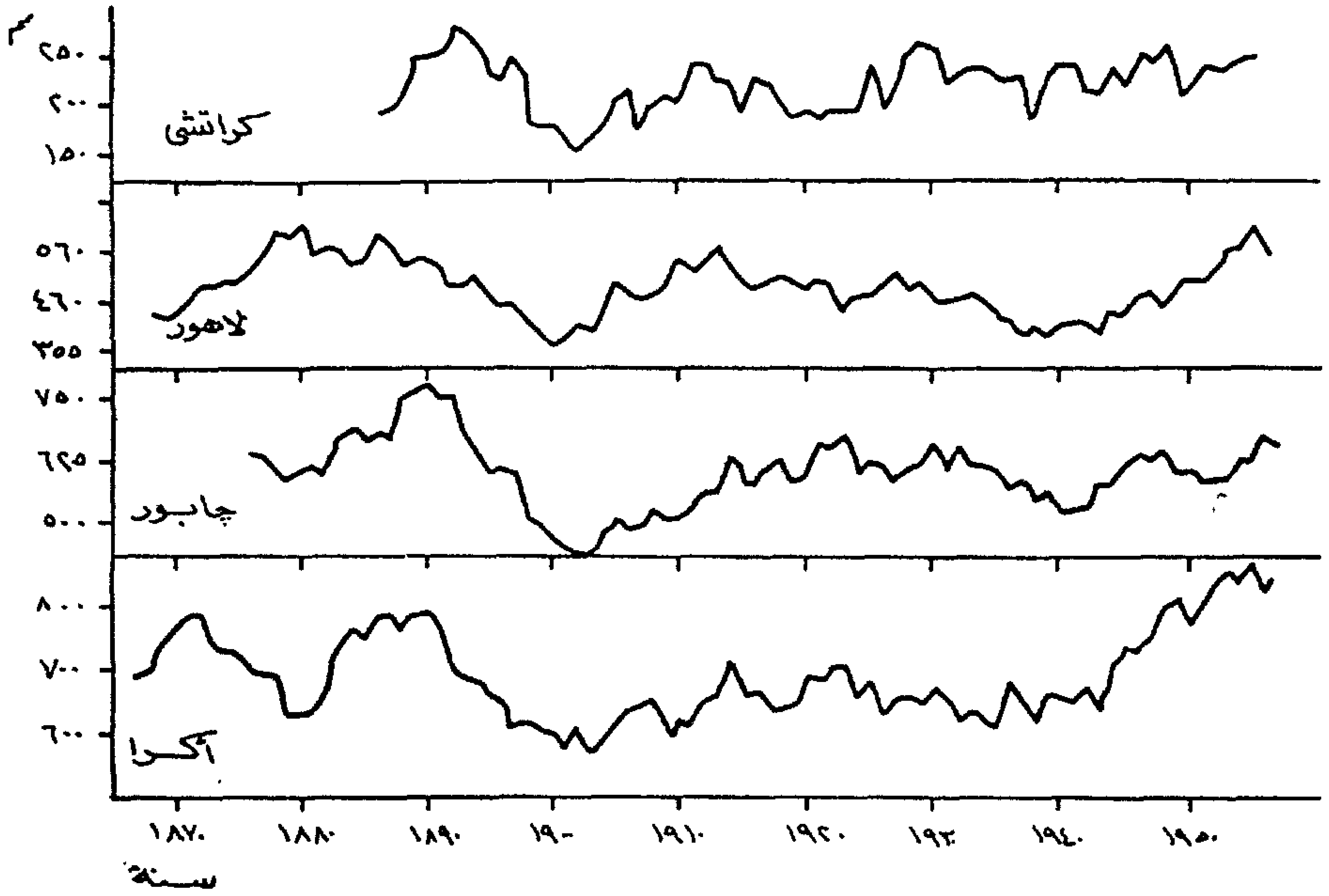
(after Gentill , 1971)

قرب Bourke نقصاً شديداً علي وجه الخصوص (شكل٥-٤) حيث كان النقص حوالي ٧٥مم من متوسط التساقط السنوي ويعتبر هذا مكافئاً لتراجع خطوط الحرارة المتساوية لمسافة حوالي ١٠٠كم (Gentilli, 1971) .

وتعتبر المناطق الجافة في جنوب آسيا أحد الاقاليم التي يتأثر فيها السكان بشدة اذا قلت كمية الامطار ، علماً بأن هناك تغير واضح في المطر في الفترة من ١٨٩٠ الي ١٨٩٥ ، فبينما كانت هناك ظروف اكثر رطوبة في الثمانينات والتسعينات من القرن ١٩ فقد تبعها فترة انخفض فيها التساقط ، وفي اكثر العقود جفافاً انخفض التساقط الي ٥٢٪ و ٦٩٪ عن العقود الرطبة من هذا القرن . هذا التغير في نظام التساقط توضحه الرسوم البيانية للمتوسط المتحرك كل عشر سنوات في كل من لاهور وكراتشي وجابور في راجستان وأجرا Agra في المقاطعات المتحدة (شكل ٥-٥) . وبعد سنة ١٩٤٠ تقريباً أو عام ١٩٤٥ يبدو أنه كانت هناك عودة الي ظروف مطيرة ايجابية .

ونجد نفس الصورة في سجلات وسط وجنوب افريقيا ، فقد شهدت هذه المناطق ظروف رطبة نسبياً فيما قبل حرب البوير ، ثم حدث تغير مفاجئ في ظروف المطر في اواسط التسعينات من القرن التاسع عشر واستمرت حتي الثلاثنيات من القرن العشرين . وفي هذا الاقليم شهدت الكثير من المحطات ظروفاً رطبة مرة اخري ، فعلي سبيل المثال شهدت كل من بورت اليزابث ، لواندا ، ندولا ، مونجو ، لفنجستون ، زومبا ، بولاوايو اقصي رطوبة فيما بين ١٩٤٧ - ١٩٤٨ و ١٩٥٦ - ١٩٥٧ ، بينما شهدت كل من كمبرلي ، ساليزي اتجاهاً ملحوظاً نحو الارتفاع . هذه القيم المرتفعة وصلت الي ما كانت عليه قبل حرب البوير ، ونتيجة لهذا الارتفاع في كمية المطر تعرض سد Karibe لمشاكل ارتبطت بزيادة التصريف في نهر الزمبيزي (Goudie, 1972) .

وتشير الابحاث التي اجريت علي مناطق اخري في المناطق المدارية والتي تظهر في جدول ٥-٥ أ ان هذه المناطق شهدت تدهوراً في كمية المطر في الربع الاول من هذا القرن . هذا التدهور كان نتيجة قصر فصل الرطوبة وضيق حزام المطر. وإن كانت المواقع الهامشية قد شهدت تدهوراً أشد نسبياً. فعلي سبيل المثال شهدت Bathurst في جامبيا في غرب افريقيا تغيراً جوهرياً عن Freetoun في سيراليون .



شكل (٥ - ٥) المتوسط المتحرك لكل عشر سنوات للمطر فى محطات المنطقة الجافة من الهندو الصحراء الباكستانية

(From Goudie , 1972)

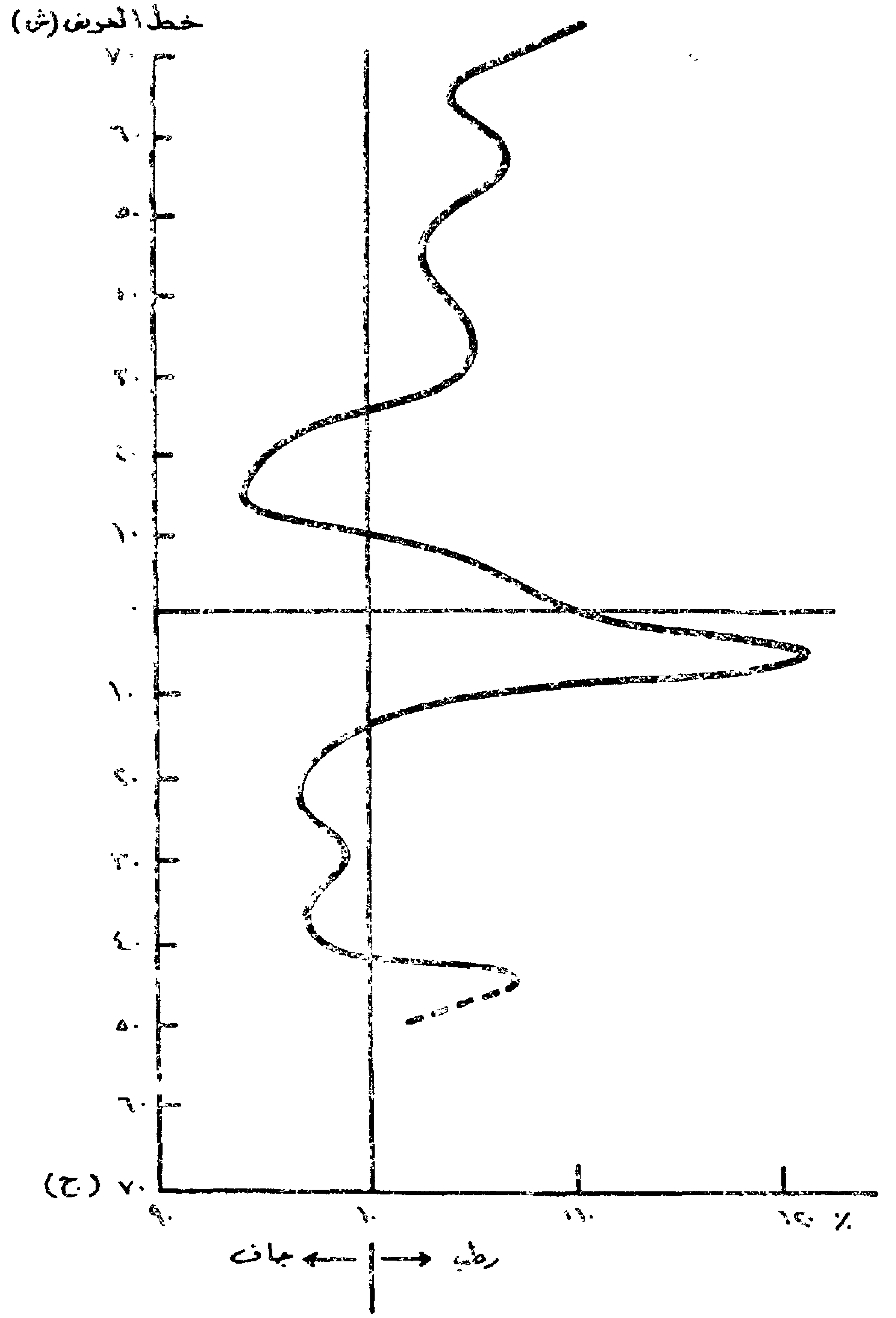
وتوضح بيانات الجدول (٥-٥ ب) أن الأجزاء الشرقية من الولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا قد شهدت تدهورا في اجمالي كمية المطر منذ ثمانينات القرن التاسع عشر حتى وصلت إلى أدنى ما يمكن في الفترة من ١٩٠٠ إلى ١٩٤٠ ، كما يتضح أن هناك إرتفاعاً منذ عام ١٩٤١ .وقد شهد شمال شرق أستراليا بعض فيضانات قوية في مثل هذه المناطق الجافة .

ويبدو أن ستينات القرن العشرين قد شهدت تغيراً ملحوظاً في ظروف المطر في مساحات شاسعة . هذا التغير قد يعادل في أهميته ذلك الذى حدث في نهاية التسعينات من القرن الماضي ولكن مثل هذه النتيجة تحتاج إلى مزيد من التسجيلات لسنوات أخرى لكي تصبح أكيدة وإن كانت البيانات المتوفرة لابأس بها .حيث أن تغيرات التساقط كانت ذات خصائص ايجابية وسلبية .

وفي الأجزاء المدارية من شرق إفريقيا حدثت زيادة حادة في المطر فقد كانت كمية المطر في ٣٦ شهرا سبقت منتصف عام ١٩٦٤ ، ١٣٠ - ١٤٠ ٪ من متوسط كمية المطر في الفترة ما بين ١٩٣١ - ١٩٦٠ وفي بعض المناطق سجلت ٢٥٠ ٪(Lamb, 1966) . وثمة نمط مشابه شهدته المناطق المدارية فيما بين ١٩٧٠ - ١٩٧٢ (شكل ٥-٦) .

ولاشك أن هذه التغيرات كان لها تبعاتها الخطرة جداً على النيل من حيث تغير كمية التصريف وفي بحيرات شرق افريقيا من حيث ارتفاع المنسوب . فعند مخرج النيل من بحيرة فكتوريا (على سبيل المثال) بلغ متوسط تصريفه في ٦٣ سنة قبل ١٩٦٣ حوالي ٦٠٠ م٣/ثانية ، ومنذ عام ١٩٦٣ تضاعف هذا الرقم بحيث أصبح حوالي ١٢٠٠ - ١٣٠٠ م٣/ثانية .

ورغم هذا ، فهذه الزيادة الملحوظة في المطر لم تحدث بشكل عام في المناطق المدارية فقد كانت المناطق المحصورة بين ١٠° - ١٥° & ٣٠° شمالاً وجنوباً (شكل ٥-٦) أكثر جفافاً عن العادى ، مع حالات من الجفاف المخرب في بعض المناطق ، فمثلاً في بتسوانا وفي أواسط الستينات قاوم السكان خطر المجاعات وبالمثل فقد شهد البحر الميت - مخالفا بذلك البحيرات الاستوائية - ارتفاعاً في منسوب مياهه فيما بين ١٨٩٨ - ١٩٣٢ حيث إرتفع إلى منسوب -٣٩٣,١ م - ٣٩٠,٣ م.ثم إنخفض بسرعة فيما بين عامي ١٩٥٧ و ١٩٦٣ حتى منسوب ٣٩٨,٨ متر تحت سطح الأرض (Klein, 1965) نتيجة لزيادة مياه الري المستخدمة في وادى الأردن وانخفاض كمية المطر .



شكل (٥ - ٦) رسم بياني للتساقط السنوي ١٩٧٠ - ١٩٧٢ كنسبة مئوية من ١٩٣١ - ١٩٦٠

إن الجفاف الساحلي شمال خط الاستواء له ما يقابله جنوب الإستواء بين خطي عرض ٢٠ - ٣٠ درجة جنوبا . وفيما بين المنطقتين الجافتين توجد المنطقة الاستوائية الأكثر رطوبة نسبيا .

(after Lamb , 1974 , in Ropp , 1974) .

جدول ٥ – ٦

المتوسط المتحرك للنسب المئوية للمطر الصيفى العادى

(١٩٥٧ – ١٩٧٠ الموسمى الصيفى)

الموقع	١٩٥٧	١٩٧٠
بيكانر (الهند)	١١٤	٧١
جودبور (،،)	١١٥	٦٨
الخرطوم	١٢٢	٨٠
أجاديس (النيجر)	١٣٠	٤٤
تاسليتى (مالى)	١٤٠	٦٣
جاو (،،)	١١٤	٧٥
نواكشوط (موريتانيا)	١٠٦	٧٤
أثار (،،)	١٢١	٥٢
المتوسط	١٢٠	٦٦

After Winstanely, 1973

وفى دراسة حديثة عن اتجاهات المطر Trends فى كل من شمال افريقيا والشرق الأوسط وشمال غرب الهند تظهر صور متشابهة إلى حد كبير (جدول ٥-٦) . فمن موريتانيا حتى شمال غرب الهند لوحظ تناقص الأمطار الصيفية الموسمية بمعدل ثابت يلغ حوالى ٥٠ ٪ منذ ١٩٥٧ .وقد أدت هذه الظاهرة مع زيادة عدد السكان فى كثير من الأقطار النامية إلى شبح الجفاف فى غرب افريقيا والهند . وإن كان هناك بعض دارسى المناخ ومنهم على سبيل المثال (Winstanely,1973) قد أرجع هذا الجفاف جزئياً إلى اتجاه طويل الأمد نحو الجفاف فى المناطق الموسمية وإن كان ما يؤيده إحصائياً ضئيل جداً (Bounting et al, 1976) ولاشك أن مناخ أواخر الستينات وأوائل السبعينات لم يكن متوازياً (Rapp, 1974) . وقد كان المطر فى الفترة من ١٩٠٧ - ١٩١٥ ضعيفاً وكان تصريف نهرى السنغال والنيجر الأعلى فيما بين ١٩١٠ - ١٩١٤ أقل من ١٩٦٨ - ١٩٧٢ .ولم تظهر التحليلات الإحصائية للبيانات المناخية المتاحة على جانبى الصحراء شمالها وجنوبها إتجاها بالزيادة أو النقصان ذا أهمية احصائية .

ويعتبر شمال وسط شيلى أحد المناطق التى تدهور فيها إجمالى المطر بشكل ملحوظ خلال العقد الماضى .هذا التدهور الذى أوضحه (Lloyd,1973) عزز الاتجاه الموجود فعلاً والذى بدأ منذ منتصف الأربعينات ، مما أدى إلى تأثر إقتصاد المنطقة التى تعتمد على مياه المطر تأثراً شديداً ، فقد تدهورت تصريفات الأنهار وانعكس هذا على الانتاج الزراعى للمنطقة ، فانخفض إنتاج الشعير والذرة تدريجيا منذ عام ١٩٥٤ بينما ثبت إنتاج القمح حتى عام ١٩٦٤ ثم بدأ فى تدهور تدريجى ، حيث كان إنتاج القمح عامى ١٩٦٨ - ١٩٦٩ ١٧,٥ ٪ فقط من إنتاج عامى ١٩٦١ - ١٩٦٢ .وقد عانت زراعة الحبوب بصفة خاصة نظراً لأن عائدها المادى قليل ، ونتيجة لندرة المياه لزراعة بعض المحاصيل مرتفعة القيمة مثل العنب .

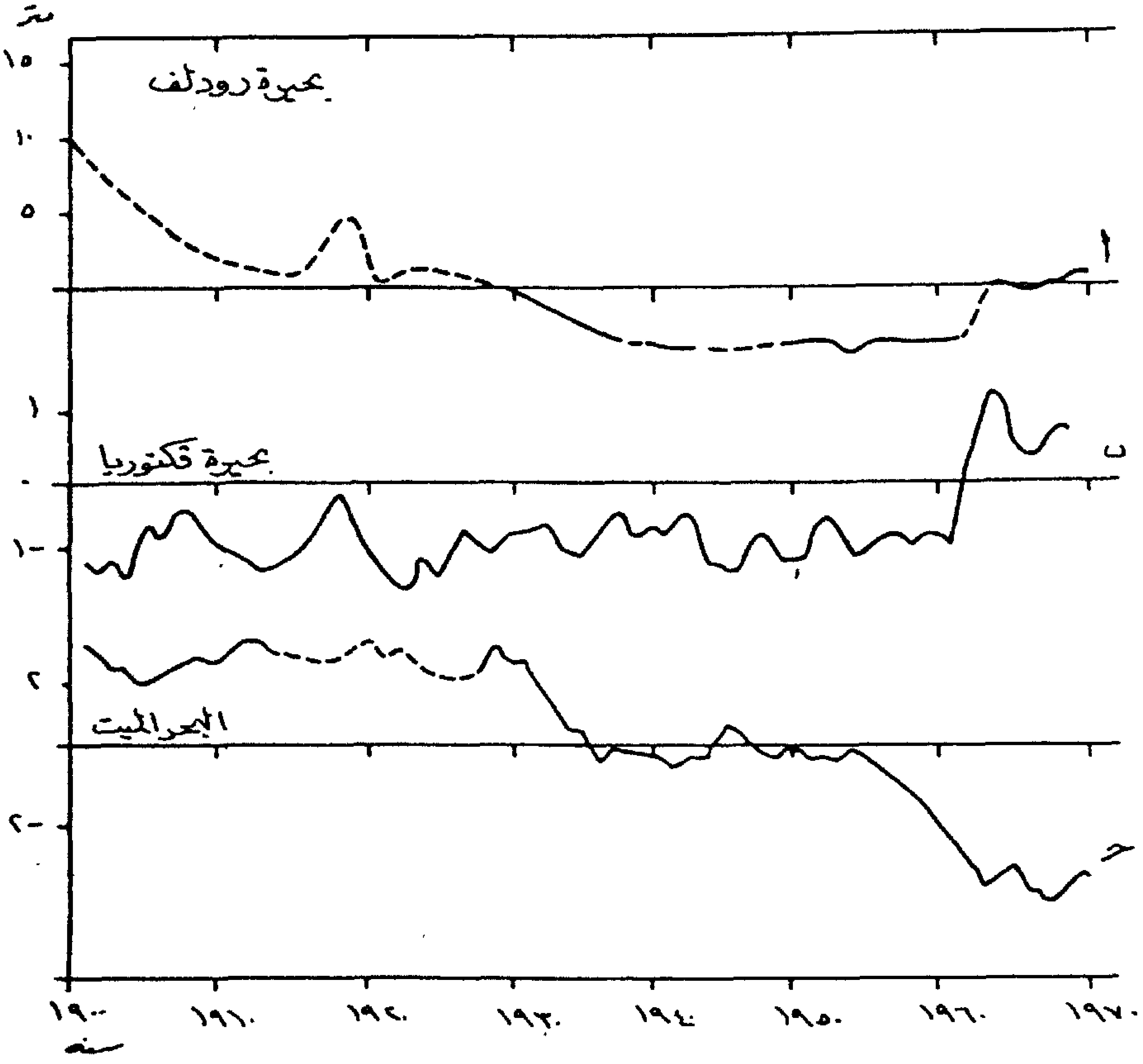
ويقتصر وجود المياه الجوفية فى هذا الجزء من شيلى على الرواسب الفيضية الموجودة فى الأودية .وهى وحدات صغيرة استقذت هى الأخرى ولذا تعرضت المحاصيل التى تعتمد على الآبار للتدهور .ولأن تصنيع النحاس فى هذه المنطقة يعتمد على المياه فقد تأثر مثل المزارعين بانخفاض المياه الجوفية .ولذا فقد تأجل استكمال مصنع جديد للنحاس فى Combarbala حيث لاتتوفر مصادر مائية كافية قريبة . وفى Domeyko توضح السجلات أن الآبار كانت

تمون مصنع النحاس بـ ١٧١م/ثانية فى عام ١٩٤٢ إنخفضت الآن إلى ٢١م/ثانية ومن ثم إنخفض انتاج المصنع إلى ٤٠ ٪ من قوته الانتاجية .

تغير مستوى البحيرات المدارية :

لعل من أكثر الأمثلة إثارة عن التغير البيئى فى القرن العشرين هو تذبذب مستوى البحيرات فى المناطق المدارية ، خاصة بعض البحيرات المدارية الافريقية التى تعرضت للارتفاع منذ أوائل الستينات وبالتالى تعرضت للفيضان على منشآت الموانى وعلى الأرض الزراعية وما شابهها . (Butzer, 1971) وتختلف هذه الصورة مع ما شهدته هذه البحيرات من إنخفاض متكرر فى العقود السابقة فقد وصلت بحيرة مالاوى إلى أدنى مستوى فيما بين عامى ١٩٢٧ – ١٩٢٩ وكانت بحيرة تنجانيقا منخفضة جداً فى العشرينات وعادت إلى إنخفاضها فى ١٩٤٨ و ١٩٥٦ وإنخفض منسوب بحيرة تشيلوا تسعة أمتار عما كانت عليه أثناء رحلة لفنجستون . ووصلت بحيرة فكتوريا عام ١٩٢٢ إلى أدنى منسوب لها بينما شهدت بحيرة Naivasha انخفاض حاد تدريجي بعد عام ١٩٣٨ .وتعتبر فترة الجفاف النسبى السبب الرئيسى لهذه التذبذبات فى العشرينيات والعقود التالية .هذه الفترة بدأت فى الثمانينات من القرن التاسع عشر فى أحواض بحيرات نياسا وتنجانيقا وفكتوريا وفيما بعد ذلك حوالى ١٨٩٨ فى رودلف و Stefanie . ولذا اختلفت البحيرات التى درسها علماء الدول المستعمرة عن تلك التى وصفها المستكشفون وإن كانت ساعدت فى تقدير مفهوم استمرار الجفاف والتصحر والتى أهتم بها علماء الغابات وآخرون فى إفريقيا فيما بين الحربين .

وفى الستينات من القرن العشرين ارتفع منسوب بحيرات شرق ووسط إفريقيا بشكل حاد ، حيث إرتفع منسوب بحيرة تنجانيقا ثلاثة أمتار فى عام ١٩٦٤ عما كان عليه عام ١٩٦٠ . وارتفع منسوب بحيرة فكتوريا بحوالى ١,٥ – ٢,٢م (شكل ٥–٧) وشهدت بحيرات بارنجو و ناكورو و مانيرا ارتفاعا قدره ٢,٣م .وبدأت بحيرة رودلف فى الارتفاع بحوالى ٤ م عام ١٩٦١ وأغرقت مياهها ٣٠٠ كم٢ من دلتا أومو .وقد لاحظ المؤلف أن الأشجار فى حوض بحيرة جالا جنوب أديس أبابا قد غُمرت بالمياه لعدة أقدام .وإلى الجنوب وفى عام ١٩٦٣ ارتفعت بحيرة نياسا حوالى ٦م مقارنة بمنسوبها الأدنى عام ١٩١٥ .



شكل (٥ – ٧) التغيرات السنوية فى مستوى البحيرات فى القرن العشرين

أ – بحيرة رودلف .. شرق افريقيا ، توضح انخفاض المستوى فيما بين ١٩٣٠ و ١٩٦٠ و ارتفاع المستوى حول ١٩٠٠ ومنذ ١٩٦٠ .

ب – بحيرة فكتوريا .. شرق افريقيا ، يتضح الإرتفاع التدريجى فى المنسوب منذ ١٩٦٠

ح – البحر الميت .. زيادة عامة موجبة فى بداية القرن حتى حوالى ١٩٣٠ و النقص الشديد خلال الستينيات كنتيجة جزئية لتحويل الأردن للرى . (From Butzer , 1971)

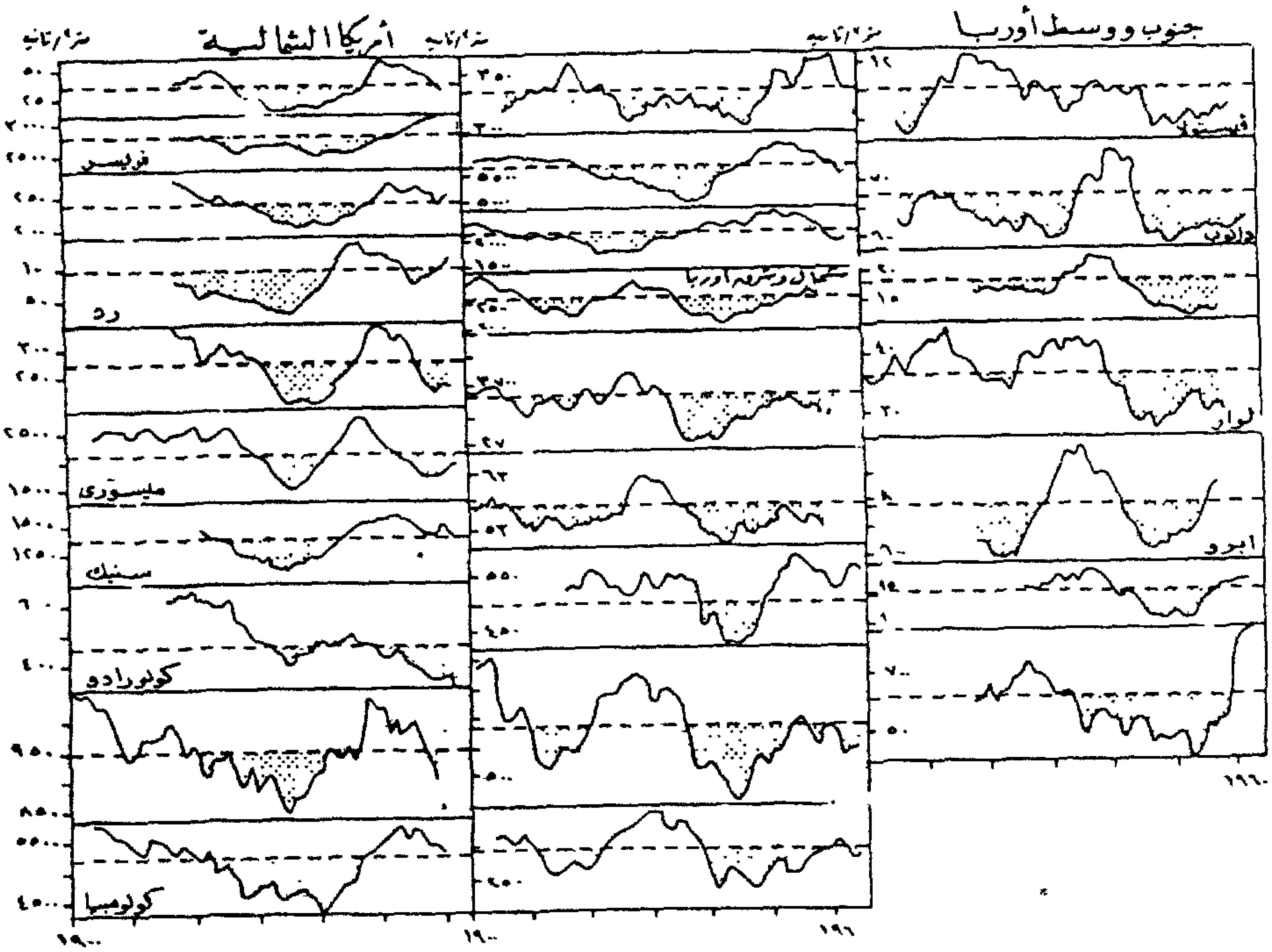
تذبذبات تصريف الأنهار :

قامت اليونسكو فى عام ١٩٧١ بنشر بيانات عن تصريف بعض الأنهار الرئيسية بعد إختيار دقيق ، وهذه البيانات تعتبر مصدراً جيداً ساعدنا على رؤية كيفية تذبذب التصريف النهرى ومدى علاقته بتغير درجة الحرارة والتساقط وكانت الأنهار التى وقع عليها إختيار هيئة اليونسكو هى التى لها سجلات طويلة ومحل ثقة ويقل بها التأثير البشرى مثل الرى وتحويل المجارى المائية وهكذا .وقد قام المؤلف بتحليل البيانات الحصول على متوسط متحرك لكل عشر سنوات للمتوسطات الشهرية للتصريف بالمتر المكعب (Goudie,1972) وقد تم إختيار ثلاثون نهراً فى نصف الكرة الشمالى للدراسة على أساس طول فترة التسجيل واستمراريتها .

وتشير الرسوم البيانية لاختلافات المتوسط المتحرك لكل عشر سنوات والتى يوضح الشكل رقم ٥-٨ بعضها ، إلى حدوث ذبذبات لها اعتبارها ، ويمكن أن نتوصل إلى نتيجة أفضل عن هذا بفحص معدلات الحد الأقصى إلى الحد الأدنى للتصريف العقدى لفترة الأرصاد .فقد كان متوسط معدل التصريف لمجموع الثلاثين نهراً ١,٧٨ وإن كان هناك مدى من ١,١٩ إلى ٦,٤٩ . وهذا يكافئ أدنى متوسط لفترات طولها ١٠ سنوات بتصريفات تزداد قليلاً عن ٥٠ ٪ من أقصى متوسط لفترات طولها ١٠ سنوات .

ولاتشير تحاليل تواريخ أقصى وأدنى متوسط لفترات العشر سنوات إلى أى تدهور عام تدريجى فى التصريفات كما قد يأمل بعض مؤيدى مفهوم الجفاف التدريجى .ومن بين الثلاثين نهراً كان هناك ما لايقل عن ١٧ نهراً شهدت أدنى تصريف لها فى ٣٥ - ١٩٣٦ و ٤٥ - ١٩٤٦ (وسط فترة عشر سنوات) . أما أقصى تصريف فهو أقل تجمعا Cluster فقد شهدت تسعة أنهار أقصى تصريف فى ٤٨ - ١٩٤٩ و ٥٨ - ١٩٥٩ ، وكثير من الأنهار أظهرت نوعا من الارتفاع فى خلال هذه الفترة بعد الانخفاض فى الثلاثينات والأربعينات .

ويلاحظ أن أنهار أمريكا الشمالية التى دُرس من بينها ١٣ نهراً (شكل٥-٨) قد شهدت فى معظم الحالات إنخفاضاً عاماً خلال الثلاثة أو الأربعة عقود الأولى من هذا القرن مع أدنى تصريف خلال الفترة المعروفة باسم "Dust-bowl"فى الثلاثينات .وقد تميزت هذه الفترة بارتفاع درجة الحرارة عن المعدل وقلة التساقط عن المعدل كذلك فى كثير من أنحاء أمريكا



شكل (٥ – ٨) التصريف النهرى (متوسط متحرك لكل عشر سنوات للمتوسط السنوى والشهرى للتصريف) لبعض المحطات المختارة (after Goudie . 1972)

(فترات التصريف المنخفض مظلله)

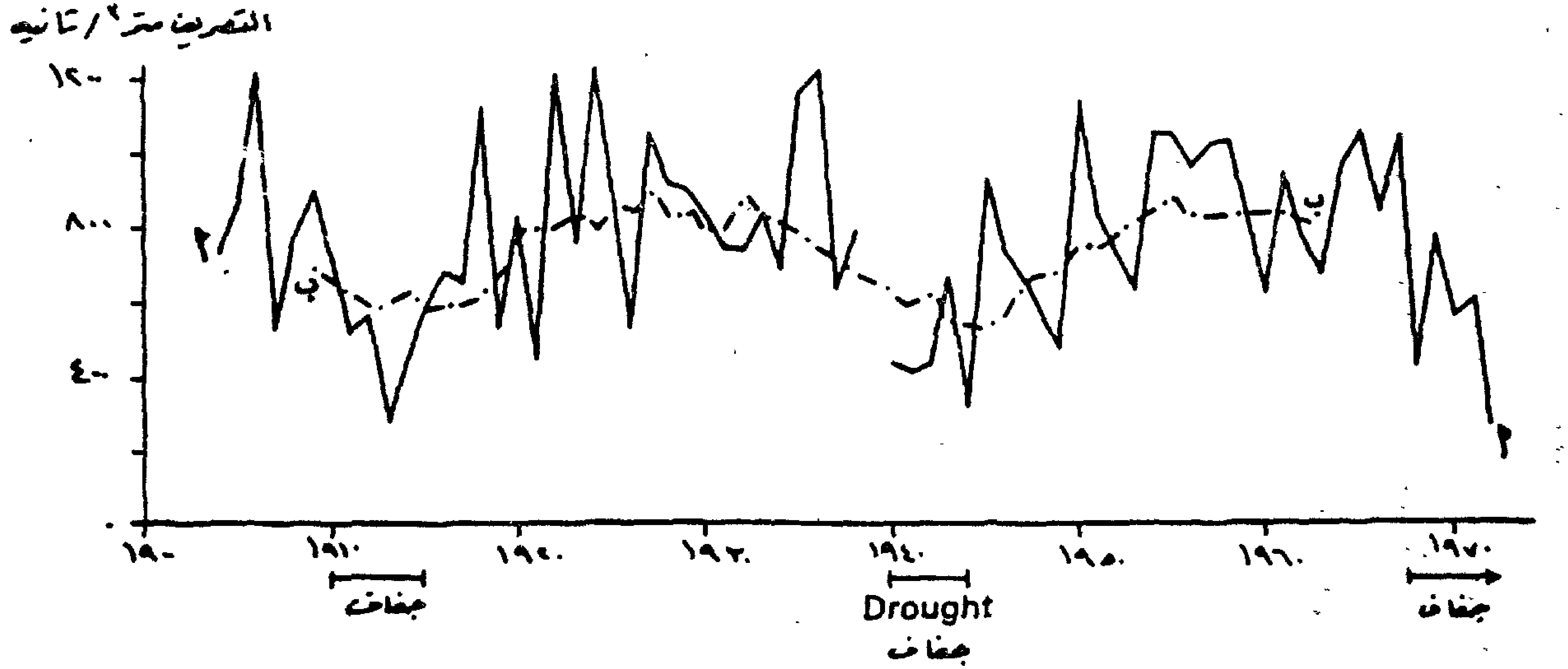
الشمالية . وفى الاتحاد السوفيتى أظهرت الدراسة أن أنهار Severnaya dvina, Nera, Neman قد تعرضت لانخفاض تصريفها إلى الحد الأدنى فى أوائل الأربعينات وفى هذا تتفق مع الأنهار الفنلندية Kemi, Vuoksi, Kymijoki . ونحو الجنوب والغرب نرى أن الأنهار Labe والدانوب و Jucar, Guadalquivir, Duera وإبرو تظهر أدنى تصريف خلال نهاية الأربعينات أو بداية الخمسينات .كما شهدت الأنهار الروسية والفنلندية تصريفات منخفضة ثانوية فيما بين ١٩١٠ ، ١٩٢٠ .

وهى بهذا تتفق مع نهرى النيجر والسنغال فى غرب إفريقيا حيث شهدا تصريفات منخفضة فيما بين ١٩١٠ و ١٩٢٠ ثم زاد التصريف وانخفض مرة ثانية في الأربعينات .هذه الفترات التى إنخفض فيها الجريان يمكن مقارنتها بتلك التّى حدثت فى نهاية الستينات وبداية السبعينات (شكل ٥-٩).

وقد تذبذب تصريف النيل الأبيض بشكل ملحوظ ووصل إلى أدنى تصريف عند بحيرة ألبرت عام ١٩٢٦ - ١٩٢٧ ، وهو نفس الوقت الذى انخفض فيه مستوى بحيرات وسط وشرق إفريقيا .وفى العقد الذى يتوسطه عام ٢٦ - ١٩٢٧ إنخفض التصريف إلى ١٩,٢ مليار م٣ فى السنة بينما وصل أثناء الفترة الرطبة ١٥-١٩١٦ إلى ٢٨ مليار متر مكعب .

تذبذبات الجليد فى القرن العشرين :

حسب ما لاحظنا سابقا ، فإن آخر عصر جليدى مصغر قد انتهى بنهاية القرن ١٩ ، ومنذ ذلك وكثير من الثلاجات الجليدية آخذة فى التقهقر وبمعدلات سريعة جداً فى الغالب .كما اندثر بعضها بصورة نهائية .وفى المناطق المدارية على سبيل المثال حيث يمكن مقارنة تطور الثلاجات الحديثة بتلك الموجودة فى العروض العليا ، اندثر ستة من الثلاجات فى Ruwenzori وكان أول من وصف هذه الثلاجات المستكشفون فى منتصف القرن الماضى ، وعلى أساس معدل الذوبان الحالى ستتعرض ثلاجة Mount Speke للذوبان فى خلال فترة قد تقل عن أربعة عقود (Whittow et al, 1963) . وقد تراجعت ثلاجة Elena فى Ruwenzori بمعدل قدرة ٥ متر/ سنة فى الفترة ما بين ١٩٠٠ - ١٩٥٢ وزاد هذا المعدل فى الفترة ما بين ١٩٥٢ - ١٩٦٠



شكل (٥ - ٩) تصريف نهر السنغال عند Bakel منذ ١٩٠٠

أ - تسجيل متوسط التصريف السنوى (after Sircoulon, 1974)

تشير الأدلة إلى وجود ثلاث فترات جافة من ١٩١٠ - ١٩١٤ ، ١٩٤٠ - ١٩٤٤ ، ، ١٩٦٨ - ١٩٧٢

بيانات ١٩٣٩ مفقودة .

ب - متوسط متحرك لكل عشر سنوات للتصريف (after Goudie, 1972)

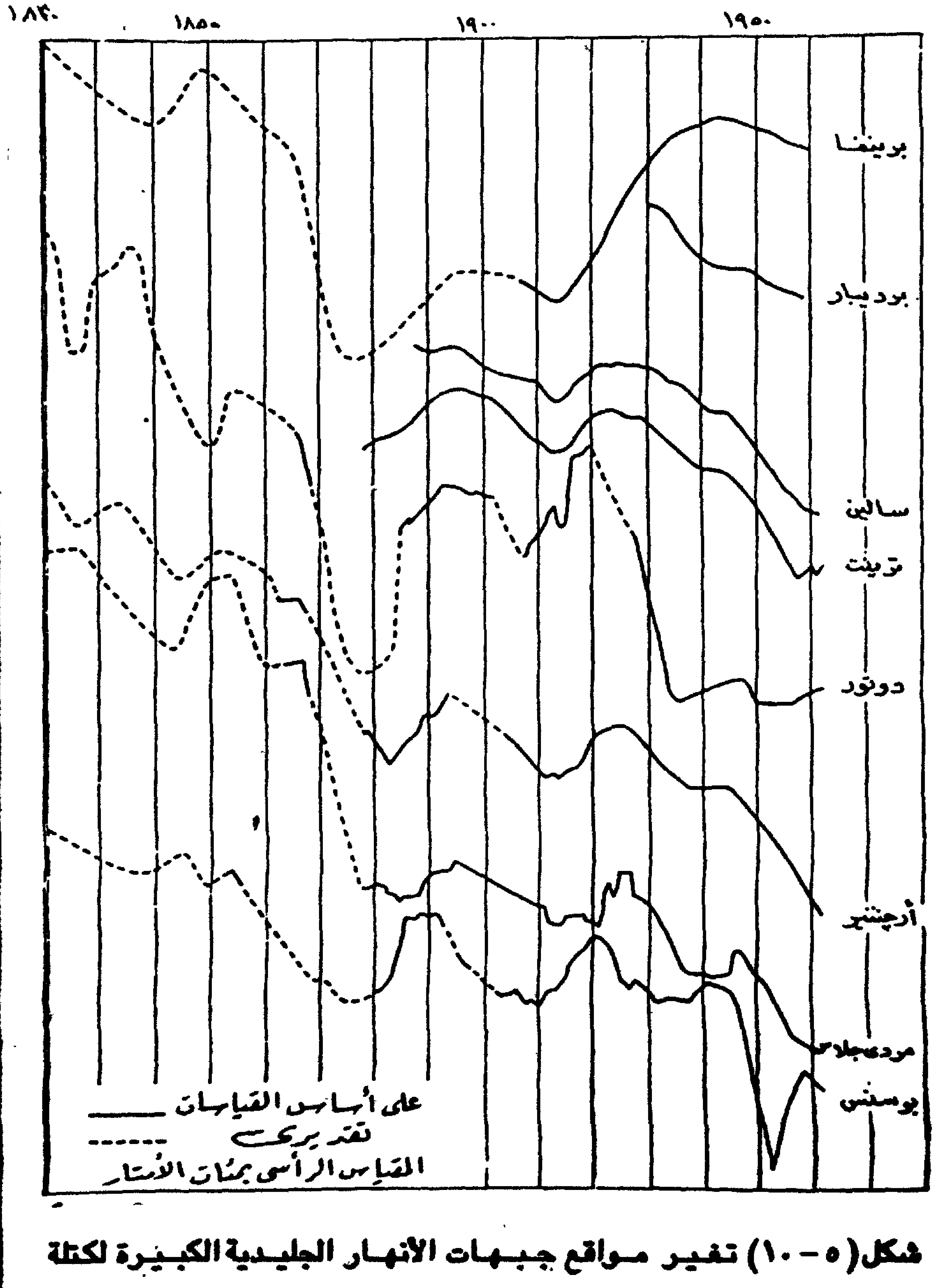
ليتراوح ما بين ٦,٥ و ٢٥ متر/ سنة وفى جبال الهملايا تتراجع معظم الثلاجات ، وتتراجع ثلاجة بندارى فى اقليم Kumaon بمعدل حوالى ٤٠,٢ متر/ سنة منذ عام ١٨٨٥ . (Ahmad and Saxena , 1963) .

وقد حدثت معدلات تراجع مماثلة فى العروض العليا .فمثلا ما بين ١٨٩٩ - ١٩٠١ و ١٩٣٦ تراجعت ثلاجة Lady Franklin فى Svalbard حوالى ٢,٥ كم (Thorarinsson, 1940) وتراجعت ثلاجة Jostedals بالنرويج بمتوسط يبلغ حوالى ١٦٠ متر ما بين عام ١٩١٠ و ١٩٢١ ثم تقدمت لمسافة ٦٠ متر عام ١٩٣٠ ثم تراجعت بمعدل متزايد بلغ حوالى ٥٨ متر فى عام ١٩٤٦ . (Ahlman, 1948) وبالمثل ، تقلص الغطاء الجليدى فى Svartisen من ٤٦٨,١ كم٢ (١٨٩٤-١٩٠٥) إلى ٤٠٠ كم٢ (١٩٦٥) (Theakstone, 1965) و كان تقدم Jostedals موازيا لما فى الألب حيث توقف التراجع عام ١٩٠٦ تقريبا ثم تقدمت الثلاجة وبلغت ذروة تقدمها ما بين ١٩١٦ و ١٩٢٠ مشتركة فى ذلك مع ٧٥ ٪ من ثلاجات الألب .ولكن بعد عام ١٩٢٦ كانت معظم ثلاجات الألب فى تراجع (شكل ٥-١٠) وقد يرجع هذا لقلة هبوب الأعاصير فى عقود ٨٦ - ١٨٩٥ ، ١٩٠٦ - ١٩١٥ م التى أعقبها تقدم جليدى (Honkes,1968) وان كان التقدم فى ١٩١٥ - ١٩٢٥ بصورة عامة غير كاف لعودة الجليد إلى موقعه فى عام ١٨٩٥ .

وعلى الرغم من إنخفاض درجات الحرارة لعقود عديدة فى أوربا ، فإن معظم الأنهار الجليدية الألبية استمرت فى تراجعاتها حتى فترة الستينات .وبحلول أواخر الستينات ظهرت علامات تقدم كبيرة فى كل من ألب سويسرا وإيطاليا و النمسا (شكل ٥- ١١) .

وكان فقدان المساحات الجليدية هائل فى هذه الأقاليم، وبحلول عام ١٩٢٥ أو نحو ذلك إنخفضت الثلاجات فى سويسرا بالمقارنة بوضع عام ١٨٧٥ .وفى إيطاليا اندثرت ٦٦ ثلاجة من مجموع ٢٣٩ ثلاجة فى لمباردى فى الفترة ما بين ١٩٠٥ - ١٩٥٣ .

وتشير بيانات آلاسكا إلى نفس هذه الملامح .فمنذ ذروة العصر الجليدى الصغير تراجعت كل من ثلاجات Eliot، Herbert ،٦١٠ ، ٣٢٠٠ متر على التوالى واصبحت وجهة Muir الجليدية واضحة للعيان بعد تراجعها وتقلصت مساحتها حوالى ٤٥٠ كم٢ فى الفترة ما



شكل (٥ - ١٠) تغير مواقع جبهات الأنهار الجليدية الكبيرة لكتلة Mont Blanc ، الألب

جدول ٥ - ٧

التذبذبات فى ثلاجات ألاسكا

التذبذبات الجليدية منذ الجليد الأصغر

أ. تاريخ ثلاجة Lemon Creek (ألاسكا) ١٧٥٩-١٩٥٨

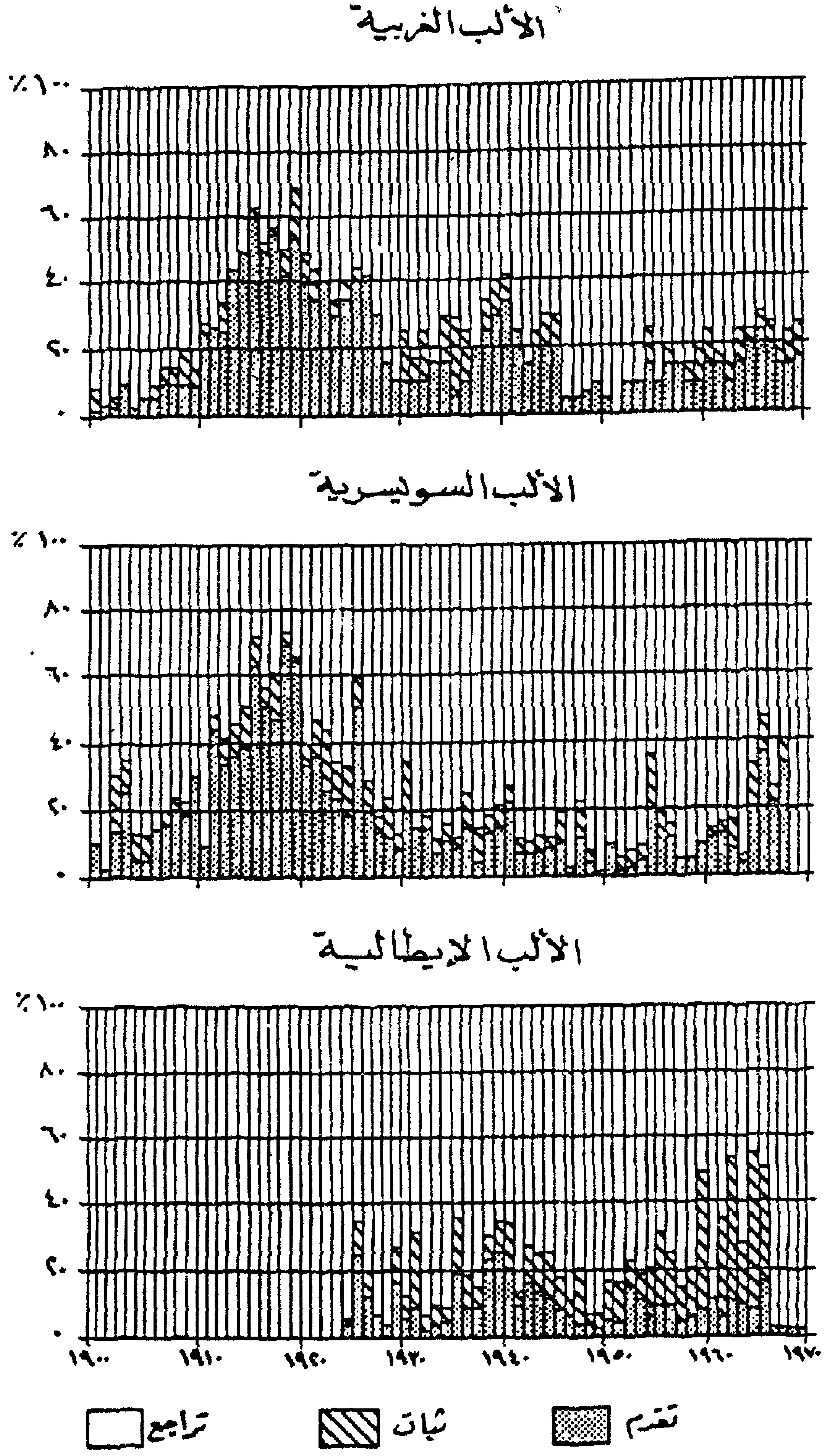
التاريخ	المساحة المفقودة %	المساحة المفقودة المتراكمة%	معدل التراجع متر/سنة
١٧٥٩	,٨	,٨	-
١٧٥٩-١٩٦٩	,٧	١,٥	١٢,٥
١٧٦٩-١٨١٩	,٩	٢,٤	٣,٥
١٨١٩-١٨٩١	,٩	٣,٣	٣,٨
١٨٩١-١٩٠٢	٤,٧	٨,٠	٦١,٤
١٩٠٢-١٩١٩	٢,٣	١,٣	٤,٤
١٩١٩-١٩٢٩	١,٤	١١,٧	٧,٥
١٩٢٩-١٩٤٨	٩,٧	٢١,٤	٣٢,٩
١٩٤٨-١٩٥٨	٤,١	٢٥,٥	٣٧,٥

After, (Heusser and Marcus, 1964)

ب. تقدم ثلاجة Taku، ألاسكا، ١٩٠٠-١٩٥٢. (متر)

١٩٠٠-١٩١٩	١١٧
١٩٠٩-١٩٢٩	٨٣
١٩٢٩-١٩٣١	١٨٣
١٩٣١-١٩٣٧	١٥٩
١٩٣٧-١٩٤١	١٦٠
١٩٤١-١٩٤٨	٨٣
١٩٤٨-١٩٥٠	٥١
١٩٥٠-١٩٥٢	٩١

After, (Field, 1954)



شكل (٥ - ١١) تقدم وتقهقر الأنهار الجليدية الألبية ما بين ١٩٧٠ . ١٩٠٠
(from Vivian, 1975)

بين التسعينات فى القرن ١٩ وأربعينات هذا القرن ، وخلال الفترة ما بين ١٨٩٩ و ١٩١٣ فقط إنكمشت مساحتها حوالى ١٢,٩ كم٢ .وفى تسعينات القرن الماضى انقسمت إلى ١٢ ثلاجة منفصلة . هناك ثلاجة Lemon Greek التى سجل تراجعها جيدا منذ عام ١٧٥٩. (Heusser and Marcus, 1964) الجدير بالملاحظة أن معدل تراجعها الذى اتسم بالسرعة منذ عام ١٨٩١ قل لحد ما في الفترة ما بين ١٩٠٢ - ١٩٢٩ والتى قد تتطابق جزئياً مع فترة التقدم الجزئى فى الألب الأوربية (جدول ٥-٧ أ) .

ورغم هذا لاتتبع جميع الثلاجات هذا النمط الهام المشار اليه أعلاه .فمثلا فى آلاسكا ، تقدمت ثلاجة Taku فى حقل Janeau ٥,٦ كم خلال ٤٨ سنة ، بيد أن بقية الثلاجات كانت فى تراجع . (Lawrence ,1950) ويظهر هذا النمط فى جدول ٥-٧ ب. وبالمثل تقدمت ثلاجة Crillon فى جنوب شرق آلاسكا بمعدل ٤٨ متر فى السنة ما بين ١٨٩٤ و ١٩٣٣ ويبلغ إجمالى تقدمها ٤,٥ كم منذ ١٧٨٦ (Goldwait et al., 1963) . وفى الألب الأوربية نجد أن ثلاجة Brenva تقدمت فيما بين ١٩٢٥ و ١٩٤٠ بينما تراجعت الثلاجات المجاورة (شكل ٥-١٠)

وتتعدد أسباب هذه التحركات الشاذة ، ففى حالة برينفا يعزى السبب إلى انتشار فتات صخرى انحدر إلى الثلاجة فى عام ١٩٢٠ من Mont Blanc De coormayeur (Grove, 1966) أما ثلاجات Taku, Grillon فى آلاسكا فيعزى تقدمها الشاذ إلى تغذيتهما من منابع مرتفعة حيث يوجد مصدر تاكو على ارتفاع ١٨٠٠ متر بينما غيرها من الثلاجات تتراوح منابعه بين ١٢٠٠ و ١٥٠٠ متر (Heusser et al., 1954) . أما تقدم ثلاجة Jan Mayer منذ بداية الخمسينات فيرجع إلى تساقط اعصارى (Lamb et al., 1962) ويقدر التساقط فى الخمسينات بضعف ما كان عليه فى العشرينات .وفى الواقع فإن الظروف التى قد تؤدى إلى تقدم ثلاجة ما ربما تتسبب فى تراجع أخرى ، فمثلا فى غرب النرويج تلعب حركة الهواء الإعصارى الدافئ الرطب دوراً كبيراً فى عملية الإذابة بينما فى السويد فإن الإشعاع الذى ينخفض غالبا خلال الظروف الإعصارية يبدو له أهميته .

وعندما تراجعت الغطاءات الجليدية والثلاجات تحت ضغط الظروف الدافئة نسبياً فى

النصف الأول من القرن العشرين شهدت الأراضى التى تراجع عنها الجليد إحتلالا نباتياً على مراحل .ففى آلاسكا وجدت ثلاث مراحل رئيسية متتابعة (Lawrence, 1958).

المرحلة الأولى (Pioneer) اتسمت بوجود طحالب Rhacomitrium وزيادة تدريجية فى الحشائش الدائمة خاصة حشائش Willow عريضة الأوراق وذيل الحصان واخيراً ظهر drummondii drayas الذى نمى ببطء تحت الشجيرات .

المرحلة الثانية (Thicket) شهدت ظهور Willows القزمية الزاحفة ومع Drayas أدت إلى زيادة الظل الذى أدى بدوره إلى زوال تدريجى لطحالب واعشاب المرحلة الأولى والتى لم تتحمل الظل . ونحو نهاية هذه المرحلة سادت شجيرات الصفصاف Alnus spp. alder, Salix spp. Willow ووجود نبات Alder مهم حيث أنه مصدر هام لنيتروجين التربة ولذا يساعد على تحسين ظروف التربة للمرحلة التالية من التتابع .

والمرحلة الثالثة من التتابع هى مرحلة الغابة Forest حيث سادت Sitka spruce (Picca sitchensis) وأخيرا خليط من فصائل صنبورية Spruce والشوكران و . hemlock (Tsuga spp.) .

وعلى الرغم من هذا التسلسل فإنه يقتصر على Glacier-Bay فى آلاسكا إلا أنه يعطى نظرة شاملة على الظروف المحتمل وجودها فى معظم الأماكن خلال التراجع الجليدى .

وهناك بعض الأدلة أنه نتيجة توقف الإتجاه نحو الدف ء فى أجزاء من نصف الكرة الشمالى فإن فترة تراجع الجليد قد تكون انتهت أو أنها على وشك الإنتهاء (Meier, 1965) . ففى غرب الولايات المتحدة - على سبيل المثال - فى جبال أولمبيك وسلسلة Cascade فى ولاية واشنطن بدأت خمسين ثلاجة منذ ٥٣ - ١٩٥٥ فى الإتساع Lawrence and (1961) Lawrence كما أن هناك مايشير إلى أن الثلاجات النشطة فى Spitzbergen مثل ثلاجة Hans بدأت فى التقدم (Kosiba, 1953) .

بعض آثار التغيرات المناخية الحالية على الظروف المحيطية :

إن نتائج التغيرات المناخية الحالية لم تتضح بصورة كاملة على أساس دراسة متوسط درجات الحرارة وإجمالي التساقط .ويعتبر تغير الغطاء الجليدي واحداً من اكثر مؤشرات ونتائج التغير البيئي أهمية في العروض العليا من نصف الكرة الشمالي .

فعلى سبيل المثال ، أدى الدفء إلى تناقص عام في الغطاء الجليدي في المحيط المتجمد الشمالي مما أثر بشدة على الملاحة .وبعيداً عن أيسلنده في الستينات والثمانينات من القرن ١٩ كان هناك ١٢ و ١٣ أسبوع سنوياً في المتوسط يظهر فيها الجليد حول شواطئ أيسلنده . وبحلول العشرينات من القرن الحالي انخفض حدوث الجليد إلى ١,٥ أسبوع سنوياً .ونظراً لإنخفاض الحرارة فيما بين ١٩٤٧ و ١٩٥٦ كما سبق وأشرنا زادت أسابيع الجليد زيادة طفيفة حيث وصلت إلى ٣,٧ اسبوع في السنة .وبالمثل ، نجد أن منطقة التقدم الجليدية Ice drift في القطاع الروسي من المنطقة القطبية الشمالية تناقصت بما لايقل عن مليون كم٢ فيما بين ١٩٢٤ و ١٩٤٤ . (Diamond, 1958) . كما بدأ سمك الجليد في التناقص ، فبينما وجد Nansen أن متوسط سمك الجليد في البحر القطبي كان ٣٦٥ سم في الفترة ما بين ١٨٩٣ - ١٨٩٦ فقد وجدت بعثة Sedov (1937 - 1940) أن سمك الجليد ٢١٨سم (Ahlmann, 1948) . كما إنخفض معدل تكرار الجبال الجليدية في نيوفوندلاند .فقد كان المتوسط السنوي ٤٣٢ جبلاً في الفترة مابين ١٩٠٠ و ١٩٣٠ بينما إنخفض إلى ٣٥١ في الفترة مابين ١٩٣١ - ١٩٦١ أي انخفض بنسبة ١٩٪ (١٩٦٢ ، Schell) وقل تعرض ساحل جرينلند للجليد كما نلاحظ من تكرار السنوات التي يصل فيها الجليد القطبي إلى Godthaab في الشمال مروراً برأس Farcwell . ومن ١٨٧٠ - ١٨٧٩ كانت أكثر من ٧٠ ٪ ولكنها إنخفضت منذ ١٩١٠ حيث أصبحت أقل من ٢٥ ٪ . (Beverton and Lee, 1965) .

وكنتيجة لتحسن الظروف الجليدية فقد ازداد طول فصل نقل فحم غرب سبتزبرجن Spitzbergen من ثلاث شهور في بداية القرن إلى حوالي ٧ شهور في الأربعينات .

وتغيرات درجة حرارة البحر المرتبطة بتغير الغطاء الجليدى كانت ذات High order . فقد كانت التغيرات موجبة بشكل عام وإن كانت فبعض المناطق خاصة تلك التى تأثرت بتيار Irminger الأيسلندى قد تعرضت للبرودة (Brown, 1953) . وفى شبه جزيرة Kola كانت درجة حرارة المياه فى أوائل العشرينات ١,٩ ^{O}م أعلى مما كانت عليه منذ عشرين سنة .وبالمثل ، فبين ١٩١٢ و ١٩٣١ إرتفعت درجة حرارة مياه البحر فى شمال غرب Spitzbergen ١,٥ ^{O}م .كما ارتفعت درجة حرارة مياه البحر حول أيسلنده باستمرار فى معظم وليس فى كل المناطق بحيث وصلت الزيادة إلى ١,٥ ^{O}م فيما بين ١٩٢٥ و ١٩٦٠ .وبشكل عام نجد أن معظم المناطق شهدت إرتفاعاً فى الحرارة بعد ١٩١٦ – ١٩٢٠ .

وبعد ١٩٦٠ وعلى نسق انخفاض درجات الحرارة والمؤشرات الأخرى على التغيرالبيئى ، فقد أظهرت كمية الجليد البحرى فى أيسلنده زيادة جوهرية ، ووصلت إلى مستويات لم تعرف لأكثر من ٤٠ سنة (شكل ٥-٢ ب) ولاشك أن قيم ١٩٧٠ كانت أعلاها خلال القرن العشرين ومنذ ذلك بدأ التدهور .

التغيرات الحيوانية فى البحار الشمالية :

إن تأثيرات زيادة درجة الحرارة على صناعة الصيد مدونة ومسجلة بشكل جيد .ولعل إستيطان سمك البكلاه الأيسلندى لمنطقة الرفرف القارى الغربى لجرينلند من أحسن الأمثلة لمدى الإستجابة لموجة الدفء ، فقبل ١٩١٧ ماعدا لفترات محدودة من القرن التاسع عشر كان هناك بعض أعداد قليلة من سمك البكلاه Cod تسكن بعض فيوردات محلية فى جرينلند وبعد ١٩١٧ ظهرت أعداد كبيرة من السمك البالغ فى جنوب غرب الساحل حتى Freiderick shaab (٧٢ ^{O}ش) فى الشمال وهاجرت ٩ ^{O} عرض نحو الشمال فى ٢٧ عاما (Ahlmann, 1948) ونتيجة لذلك كانت حصيلة الصيد عام ١٩٤٨ الف طن مقارنة بخمسة أطنان فقط عام ١٩١٣ . كما هاجرت أسماك الرنجة والهلبوت نحو الشمال إلى جرينلند و Novaya Zemlya وفيما بين ١٩٢٤ و ١٩٤٩ ظهرت أسماك سياف البحر و بلوك و تويت و الشايل والصيداء لأول مرة قرب سواحل أيسلندا . ومن بين الفصائل التى ظهرت بكثرة سمك الماكريل و الفنجر ،

Basking Shark و Thorn - Back ray والبورى وسمك الشوكة والصورى نو الحربة و Rudder fish و كذلك استطاعت أسماك أخرى أن توسع نطاقات تواجدها مثل قرش جرينلند (Gushing, 1976) . وعلى الجانب الأخر نجد استجابة شديدة من أسماك المياه الباردة مثل الحوت الأبيض لهذا التغير حيث إنكمشت حدودها الجنوبية

وقد تأثر بحر البلطيق هو الآخر بالتحسن المناخى .حيث ازدادت ملوحته نتيجة لزيادة هبوب رياح جنوبية شرقية و التى أدت بدورها إلى زيادة تدفق المياه قليلة الملوحة brackish خارج البلطيق وتدفق مياه مالحة على هيئة تيار سفلى من بحر الشمال إلى بحر البلطيق .فقد ارتفعت الملوحة بنسبة ١,٧ ٪ فى الفترة ما بين ١٩٣٣ و ١٩٣٩ عنها فى الفترة مابين ١٩٢٢ و ١٩٣٢ وقد أدت زيادة الملوحة إلى تزايد سمك Cod فى بحر البلطيق زيادة هائلة بلغت عشرون مرة وتقوم عليه الآن مصايد رئيسية ضخمة . (Beverton and Lee, 1965) . كما إرتفعت الملوحة بنسبة ١, ٠ ٪ فى شمال غرب الأطلنطى (1938 - 1929) مقارنة بـ ١٩٠٢ – ١٩٠٧ . (Weyl, 1968) .

ومن نتائج التحسن المفاجئ كذلك التدهور المناخى والمثير لصيد رنجة بليموث فى القناة الانجليزية ومصايد الرنجة فى Firth of Forth ومصايد الهادوك فى بحر الشمال أما القناة الانجليزية فقد ظهر بها أسماك مياه دافئة بديلة فيما بعد ١٩٣٥ خاصة Cuttelfish. (Sepia officinalis). pilchard (Sardina Pilchard) وخلال فترة الدفء عانت مياه البحر فى بليموث من نقص فى كمية zoopl plankton والأملاح المعدنية فى مياه البحر خاصة شهور الشتاء . ورغم هذا يمكن القول بشكل عام أن إرتفاع درجة الحرارة كان لها أثره الطيب على صناعة الصيد فى شمال أوربا .وفى الوقت الحالى تشهد هذه المناطق انعكاساً لما حدث فى أوائل هذا القرن حيث أوشكت أن تختفى مصايد الـ Cod من غرب جرينلند .ورجعت أسماك Cod, Ling, Haddock إلى بليموث فى جنوب غرب انجلترا كما شاع وجود Bar-nacle الشمالى على هذه السواحل وقد يرجع تغير أعداد الأسماك إلى زيادة معدلات الصيد ولكن المناخ له دوره الهام (Russel et al., 1971).

التغيرات الحيوانية والنباتية في نصف الكرة الشمالي :

شهد توزيع النباتات والحيوانات البرية في شمال أوربا تغيرات مثل ما حدث في البحر ، ورغم أن التغيرات الحيوية الناتجة عن تغير درجة حرارة مياه البحر كانت اكثر وضوحاً وتحديداً عما يقابلها على اليابس ولان مياه البحر اكثر انتظاماً ، لهذا فمن المتوقع أن تكون الحرارة والملوحة بمثابة قيود على انتشار الفصائل المحيطية .كما أن تاثير الانسان قد يكون أقل أثراً وإن كان الصيد الجائر له أثره المدمر على توزيع بعض الأسماك الساحلية .

ففي فنلنده بدأ انتشار Polecat (Mustela putorius) في حوالي ١٨١٠ ومع نهاية الثلاثينات من هذا القرن احتلت كل اجزاء جنوب فنلنده الداخلية حتى خط عرض ٦٢^{o} ش (Kalela, 1952) . ومن المعروف أنه كلما زاد برد الشتاء وتساقط الثلج صعب على هذا الحيوان أن يجد غذاءه الطبيعي من الجرزان والضفادع وماشابهها .وفي شمال شرق جرينلند يتوفر لـ Musk ox الكثير من الطعام ، فمنذ ١٩١٠ وأعدادها تتزايد . (Vibe, 1967) وبالمثل فقد شاع وجود Roe Deer في جنوب ووسط اسكندنافيا في السنوات السابقة للعصر الجليدي الصغير ولكنه انقرض في أوائل القرن التاسع عشر ولم يظهر وينتشر مرة ثانية نحو الشمال إلا في ١٨٧٠ .كذلك في فنلنده نجد بعض الطيور الدائمة مثل partridge والذى لايتحمل الثلج الشديد و tawng owl وفصائل كثيرة من العصافير قد انتشرت نحو الشمال . (Grisp, 1959) .

ويشير توزيع الطيور في كل من أيسلنده وجرينلند اشارة واضحة إلى تأثير التحسن المناخي . (Harris, 1964) فطير field fare (Turdus pilanis) لم يكن معروفاً في جرينلند وجان مابن قبل ١٩٣٧ ، ولكنه يتكاثر هناك الآن .كما وصل طيرStarlings (Sturnus Vulgaris) إلى أيسلنده في عام ١٩٣٥ واستقر منذ ١٩٤١ .كما ظهر نوع العصافير (Hirunda rustica) في Faeros وأيسلنده في ثلاثينات هذا القرن ، كما أن الأوز ذا المقدمة البيضاء Wron, Long-billed marsh بدأ في التكاثر في جرينلند كما أن فصائل أخرى مثل Mallard و البطة طويلة الذيل وكلهم كانوا من زوار فصل الصيف أصبحت تبقى طول العام .لكن تناقص أعداد Little aukيعطي مثلا واضحاً ، كيف أن

التحسن المناخى يكون ذا أثر عكسى على بعض الفصائل .ويرجع تناقص اعداد هذا الطائر إلى أنه يتغذى على Small crustaceaمثل Mysids والتى توجد بكثرة وبصفة خاصة فى المياه السطحية عند مقدمة الجليد البحرى ولكن مع تراجع مقدمة الجليد البحرى نحو الشمال من أيسلنده كان لزاما على هذه الطيور أن تطير لمسافات بعيدة من أجل الغذاء ولذا هجرت موا طنها الفنلندية بالتدريج . (Crisp, 1959) .

كما كان لهذه التغيرات البيئية اثرها الاقتصادى .فقد أدى ارتفاع الحرارة إلى زيادة طول فصل نمو المحاصيل .ففى هلسنكى ، على سبيل المثال .وفى الفترة ما بين ١٩٣٤ - ١٩٣٨ زاد عدد الأيام الخالية من الصقيع ٢٣ يوماً فى السنة مقارنة بالفترة من ١٩٠١ - ١٩٣٠ . وفى نفس الوقت زادت فترة النمو ٢٢ يوماً (الأيام التى تبقى فيها درجة الحرارة أعلى من ٥ درجة مئوية) . (Keranen, 1952) وتشير بيانات السويد إلى نفس النزعة (جدول٥-٤ أ) .وقد نمت الأشجار بمعدلات كبيرة فى فنلنده القطبية ، كما شهدت الأقطار الأسكندنافية امتدادا لنمو rye والشيلم والشوفان التى لم يكن لها تواجد بمفردها دون تهجين سلالات قادرة على التحمل .

وفى أجزاء مختلفة من العالم نجد أن ما ترتب على التغيرات المناخية من أحداث غير ثابت ، ولذا فإن Dust bowl التى حدثت خلال الثلاثينات فى الولايات المتحدة لم تكن نتيجة السياسة الزراعية وحدها .فقد كانت درجة الحرارة فى الفترة من ١٩٣١ - ١٩٤٠ فى السهول الغربية العظمى أعلى بمقدار ٠,٧٥ ^{o}م عن المتوسط بينما كان التساقط أقل بنسبة ١٥٪ . وقد كتب أحد الباحثين عن السهول العظمى "أن الجفاف الكبير الذى حدث فيما بين ١٩٣٤ و ١٩٤٠ كان شديداً جداً وطويلا بحيث لم يترك سوى مساحات متناثرة من البرارى الحقيقية . "وأكثر من هذا فقد هاجمت الحشائش xerophytic الدائمة معظم أرجاء المنطقة مع فصائل أخرى وداهمت ما تبقى (Whyte, 1963).

وثمة نوع اخر من التغير حدث فى سلسلة Cascade فى واشنطن وأريجون حيث تعرضت المساحة الخضراء شبه الألبية لهجوم فصائل متنوعة من الأشجار . وكان هذا الهجوم على أشده خلال سنوات الدف ء الشديد من ١٩٢٨ - ١٩٣٧ ولكن مع بداية البرودة منذ ذلك

الوقت لم تمتد الأشجار كثيراً فى المروج الخضراء . هذا التغير البيئى حدث على نطاق واسع ، مما عمل على إعاقة أثر العوامل المحلية مثل قلة الحرائق وهناك احتمال كبير هو زيادة طول فترة إنقشاع الجليد التى أصبحت العامل المؤثر على نمو الأشجار فى بيئة المروج الخضراء شبه الألبية (Franklin et al., 1971) .

ومن المثير أن نلاحظ فى الأمريكتين أن عدد الأعاصير قد زاد فى أمريكا المدارية زيادة كبيرة فبينما حدث فى الفترة من ١٩١١ - ١٩٢٠ خمسين إعصاراً كان هناك أكثر من مائة إعصار فى الفترة ١٩٥٠ - ١٩٦٠ (Dunn and Miller, 1960) وعلى ضوء ما تسببه الأعاصير من أضرار فإن زيادتها تكون لها أهميتها الاقتصادية والاجتماعية (شكل ٥-١٢) . ومنذ بداية هذا القرن يلاحظ أن مسارات الأعاصير تعرضت لتغيرات يبدو أنها ذات صلة بتغير درجة حرارة مياه البحار (Riehl, 1956) . وفى السنوات الأولى من هذا القرن حدث بعض الانحناء فى مسارات الأعاصير نحو شرق فلوريدا ، ثم تحولت نحو غرب الخليج مابين ١٩١٠-١٩٢٠ (فترة كانت فيها مياه البحر باردة نسبياً) وبعد ١٩٢٠ عادت مرة ثانية إلى فلوريدا والمياه المتاخمة وفى الثلاثينات والأربعينات عادت إلى غرب الأطلنطى .وفى كل الحالات كان تحول متوسط خط طول الإعصار ينحنى قرب خط عرض ٢٥ ^{o} ش ولايقل عن خط عرض ٢٠ ^{o} ش . وعموماً ، فعندما تنخفض درجة حرارة مياه البحر تتحول مسارات الأعاصير نحو الغرب وعندما ترتفع حرارة المياه ترجع الأعاصير نحو الشرق .

ويبدو أن زيادة تكرار الأعاصير فى الأمريكتين تبعها زيادة فى المحيط الهندى فى استراليا (Milton, 1974 (شكل ٥-١٢) وفى اليابان . (Fujita, 1973)

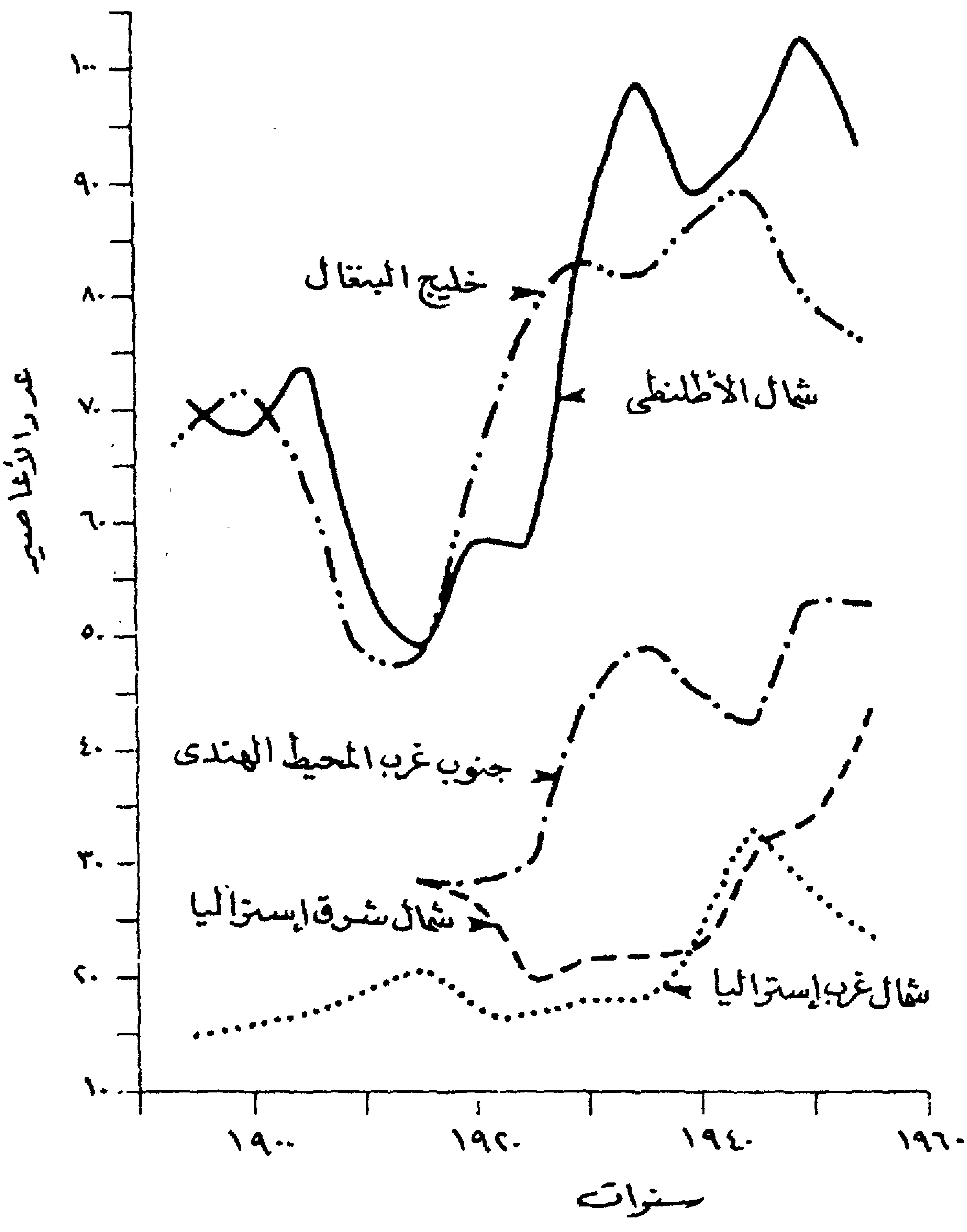
الدور المزدوج للتغير المناخى وتدخل الانسان :

إنه من الصعب دائماً عزل العوامل المختلفة التى أدت إلى تغيرات بيئية ، خاصة وأن المشكلة الخطيرة هى محاولة التحديد فيما اذا كان تغير بيئى طبيعى أو من فعل الانسان ، الأمر الذى أدى إلى بعض التطورات الخاصة .

وهناك مثال جيد على هذا فى انجلترا يتمثل فى زيادة الفيضانات فى كل من نهرى Severn at Shrewsbury و Wye at Hereford طوال العقود الأخيرة (Howe et al., 1966) .

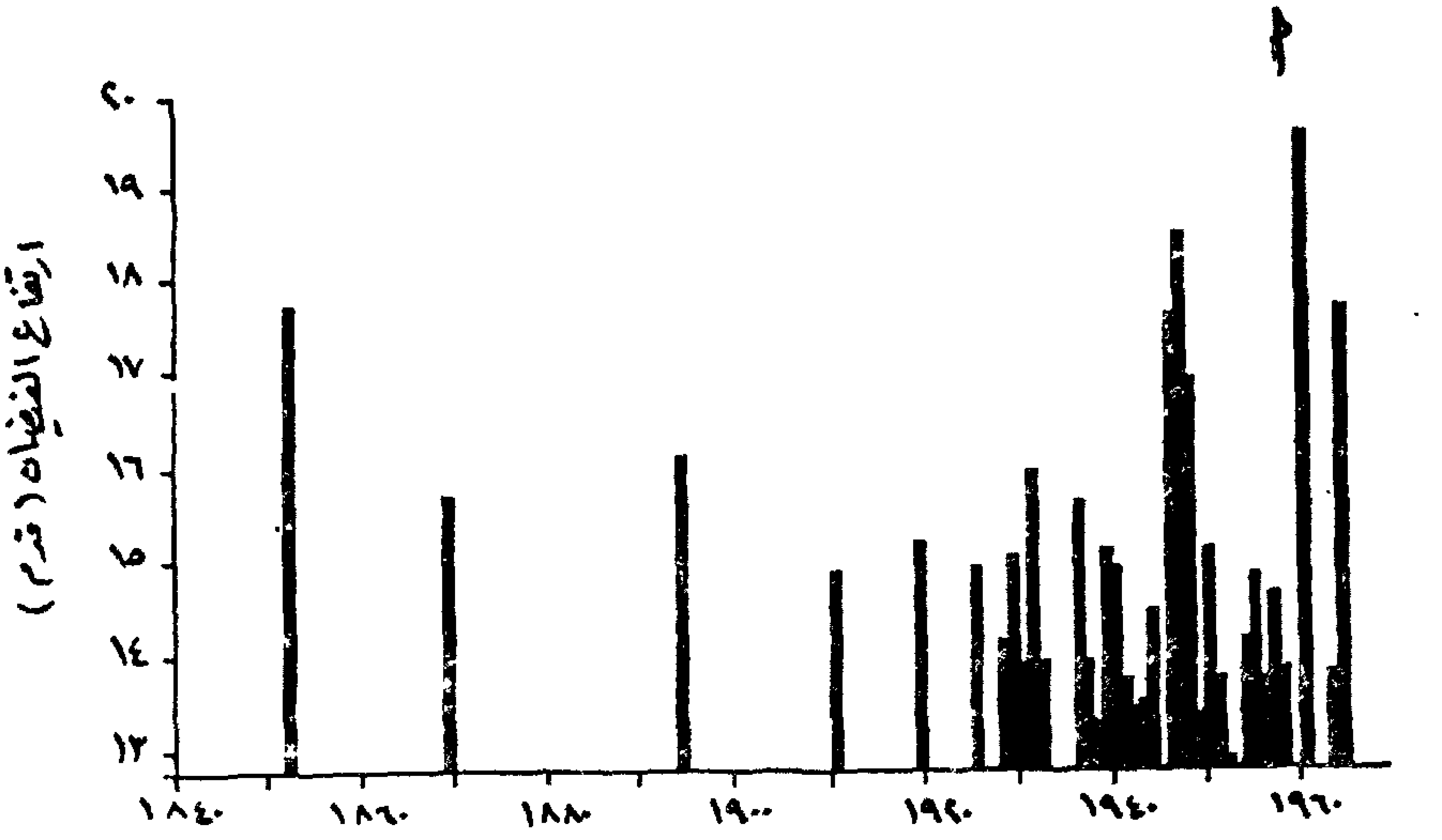
كان من المتوقع خلال الفترة من ١٩١١ - ١٩٤٠ أن يصل ارتفاع الفيضانات إلى ٥,١ متر مرة واحدة كل خمسة وعشرون عاماً . وخلال الفترة من ١٩٤٠ - ١٩٦٤ وصل الفيضان إلى هذا المستوى مرة كل أربع سنوات ، وبتعبير اخر ، وصل ارتفاع الفيضان فى كل ٢٥ سنة فى فترات متعاقبة إلى ٥.١ م فى الفترة من ١٩١١ - ١٩٤٠ بينما وصل فى الفترة من ١٩٤٠ - ١٩٦٤ إلى ٥,٩ م مع تكرار مشابه . ونفس الاتجاه يتكرر فى نهر Wye in Herefordshire (شكل ٥-١٣ - أ) . ولقد أوضح الباحثون أن كل من الانسان والتغيرات المناخية تؤدى إلى تغير هيدرولوجى شديد ، فالانسان ساهم فى زيادة معدل الفيضان بصرف مستنقعات اللبد النباتى فى مرتفعات ويلز مما أدى إلى ارتفاع كثافة التصريف فى حوض Severn . ومن ناحية أخرى فهناك ما يشير إلى زيادة ملحوظة فى تكرار تساقط يومى اكثر من ٦٣,٥ مم فى بحيرة Vyrnwy فى وسط ويلز منذ عام ١٩٤٠ (شكل ٥-١٣ ب) .

ومن غير الواضح حتى الآن اذا كان مثل هذا التغير فى علاقة معدل الكثافة / تكرار فى السنوات الأخيرة ذو انتشار واسع ام لا ؟ ولكن بيانات ويلز مدعمة بيانات من اكسفورد (شكل ٥-١٤) تشير إلى أن فترة الرجوع لكمية التساقط اليومية الكبيرة قد قصرت إلى حد كبير ففى الفترة مابين ١٨٨١ و ١٩٠٥م كانت فترة رجوع عاصفة اكثر من ٥٠ مم حوالى ٣٠ سنة ولكن فى الفترة الحديثة جداً - التى تم دراستها - الممتدة بين ١٩٤١ - ١٩٦٥ فإن فترة العودة لنفس كمية الأمطار اليومية هبطت إلى ما يقل عن خمس سنوات (Rodda, 1969) واذا كان التغير على نطاق واسع له أهميته ، ليس فقط من ناحية المناخ ولكن كذلك التعرية فى المنابع العليا والفيضانات ومصادر المياه وحدوث الفيضانات بكثرة له آثاره الإقتصادية الخطيرة التى لاتقتصر على مايترتب عليه من أضرار ولكن ايضاً بالنسبة للمعايير الخاصة بتصميم الكبارى وقنوات التصريف ومجارى الأسلاك الكهربائية والإنشاءات المماثلة وكلها تحتاج إلى

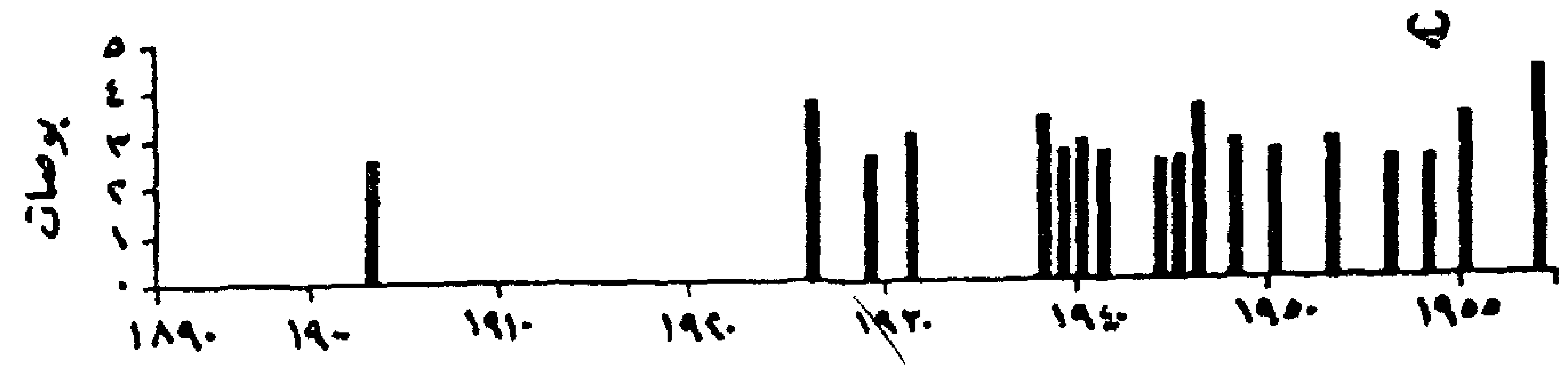


شكل (٥ - ١٢) تغير تكرار الهاريكان فى القرن العشرين

(after Milton, 1974)

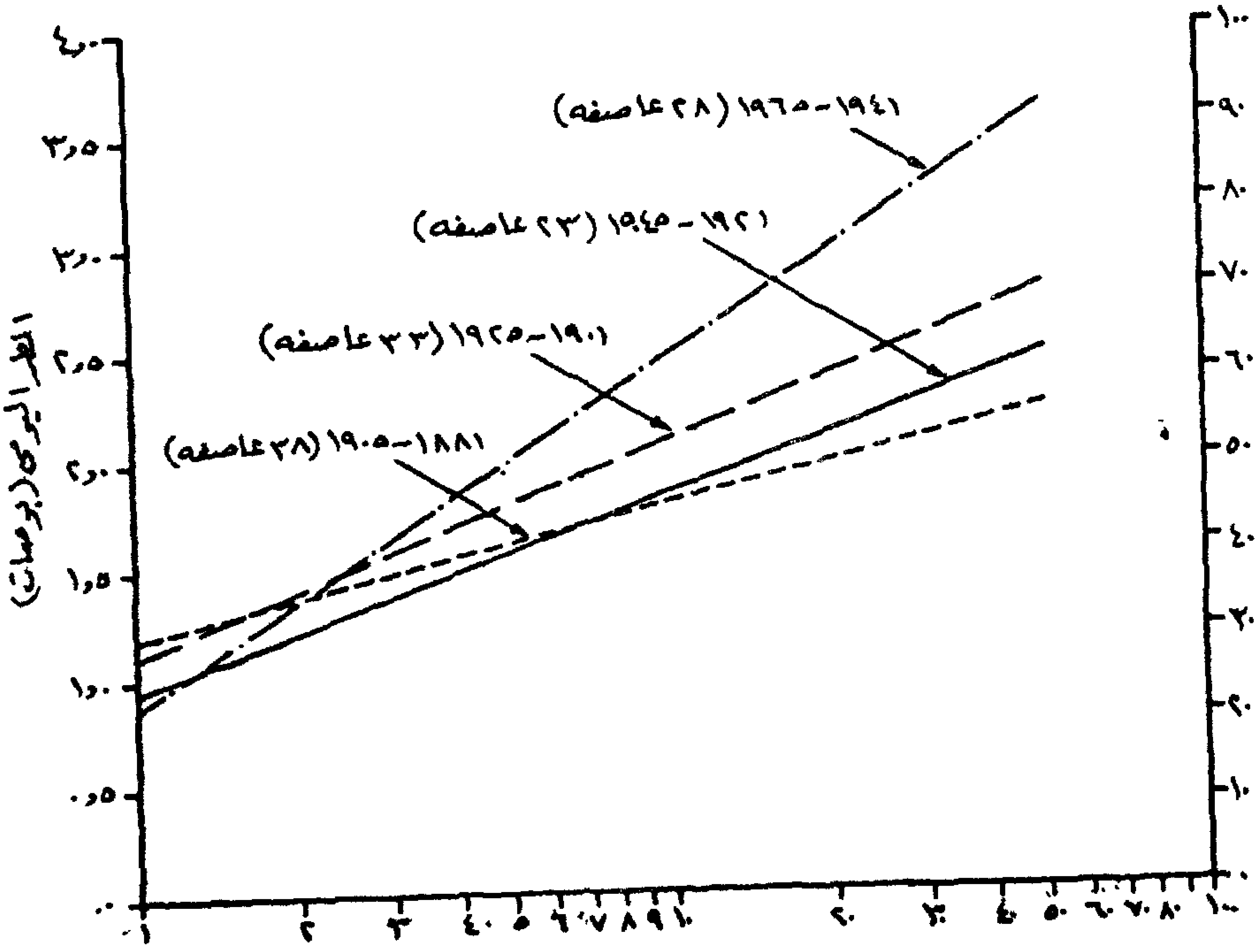


نهر WYE – تسجل ارتفاع الفيضان عند كوبرى " وى " ، هرفورد



بحيرة فيرنوى : تكرار الأمطار اليومية (٢,٥ بوصة على الأقل)

شكل (٥ - ١٣) تغير مستوى الفيضان والأمطار اليومية لنهر "وى" Wye وبحيرة فيرنوى Vyrnwy غرب بريطانيا



شكل (٥ - ١٤) التغيرات فى حجم وتكرارية سقوط المطر اليومى فى مدينة اكسفورد (اكثر من ٢٥ مم)

(from Rodda , 1969)

جدول ٥ – ٨
الخصائص التفصيلية للمطر
فى جنوب غرب الولايات المتحدة

المحطة	السنوات	متوسط عدد أيام المطر			
		١٢مم – ٢٥,٦	٢٥مم ١٢-٧,٣	٢٥مم + ٤	متوسط المطر مم
سانتا ف	١٨٥٠ – ١٨٨٠	٥٩,٧	٥,٧	١,٩٦	٢٧١
–	١٨٨١ – ١٩١٠	٨٠,٨	٥,٥	١,٠٧	٣٦٦
–	١٩٩١ – ١٩٣٠	٨٢,٨	٥,٣	١,٢	٣٦٣
–	١٩٣١ – ١٩٤٨	٧١,٥	٥,١	١,٠٥	٣٧٨
لاس كروكس	١٨٥٠ – ١٨٨٠	٢٣,٨	٣,٨	١,٦٥	٢٠١
–	١٨٨١ – ١٩١٠	٣١,٧	٤,٧	١,١٧	٢٢٤
–	١٩١١ – ١٩٣٠	٤٢,١	٣,٩	٠,٥٠	٢١٣
–	١٩٣١ – ١٩٤٨	٤٢,٠	٣,٣	٠,٦٧	٢١٨
البكيركو	١٨٥٠ – ١٨٨٠	٢١,٢	١,٣	٠,٤٠	٢,٣
–	١٨٨١ – ١٩١٠	٣٠,٥	٢,٩	٠,٧١	١٩٦
–	١٩٩١ – ١٩٣٠	٤٧,٠	٢,٦	٠,٥٦	٢١٦
–	١٩٣١ – ١٩٤٨	٥٨,٣	٣,٤	٠,٦٧	٢٢٩

After, Leopold, 1951

مراجعة لتتناسب مع المخاطر الإضافية .ومازلنا فى حاجة إلى مزيد من الأبحاث لنتبين اذا كان هناك تغير واضح آثاره أكثر من محلية ثم ندرس نتائجه .

وفى غرب الولايات المتحدة ثار جدل هام ومعقد حول نحت المجارى المائية ونشأة الأخاديد التى وصلت إلى ذروتها فى الثمانينات (Cooke and Reeves, 1976) . ومرة أخرى أثيرت المشكلة الرئيسية وهى فيما اذا كان الانسان هو العامل المسيطر أم المناخ .إن الرعى الجائر للماشية والحيوانات الاخرى والتى هى نشاطات يقوم بها الانسان على نطاق واسع قد تلعب دورا هاماً . ولكن ليوبولد (Leopold, 1951) أوضح أنه بالمقارنة بالأيام الحالية كانت هناك عواصف ضخمة بأعداد أكثر وعواصف صغرى بأعداد أقل فى أجزاء من جنوب غرب الولايات المتحدة فى الثمانينات . إن عواصف قليلة قد يكون لها آثار واضحة بالنسبة لتدفق المياه خاصة إذا كانت العواصف متقاربة وقد يؤدى هذا إلى تقليل الغطاء النباتى مما يؤدى إلى زيادة مخاطر التعرية . ولهذا – وبدون أى تغيير جوهرى فى المتوسط السنوى لإجمالى التساقط وتكرار وحجم العواصف – سيكون له أثره على النظام المائى والإطماء والتعرية والغطاء النباتى . ولعل إستعراض بيانات ثلاث محطات متميزة (جدول ٥-٨) يعطى صورة للتغيرات فى خصائص هطول الأمطار منذ ١٨٥٠ ويلاحظ أن المتوسط السنوى للإجمالى لم يتغير بصورة كبيرة ولكن عدد الرخات الخفيفة زاد بصورة ملحوظة عندما قل تكرار العواصف الكبيرة (Leopold, 1951) .

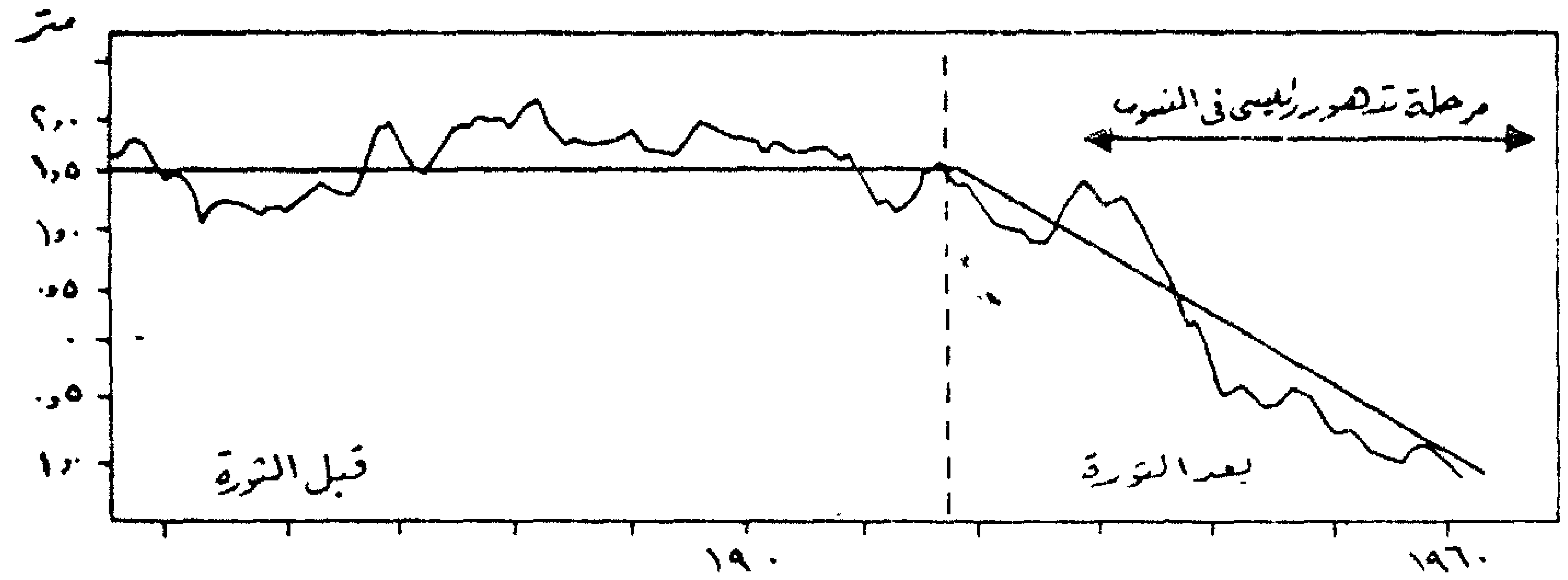
وثمة دليل أخر على العلاقات المعقدة بين التغيرات الناتجة عن نشاط الانسان وتلك الناتجة عن اسباب طبيعية يمكن ملاحظته فى التاريخ الحديث لبحر قزوين ، فمنذ ١٩٢٩ انخفض مستوى هذا البحر الداخلى الكبير (شكل ٥- ١٥) ويرجع هذا إلى قلة التصريف المائى فى نهر الفولجا والذى يكون ٨٠ ٪ من التصريف السطحى لبحر قزوين .ففى الفترة من ١٩٢٩ – ١٩٦٥ زاد الفاقد السنوى عن الوارد بحوالى ٢٦ كم٣ وكان النقص على أشده فى الفترة من ١٩٣٠ – ١٩٤٥ حيث بلغ الفاقد السنوى ٥٠ كم٣ .وما ترتب على هذا التغير من آثار إقتصادية – سواء كانت تتعلق بتيار المياه فى الأنهار أو بمستوى المياه – فكانت هذه الآثار واضحة وعكسية .فقد انكمشت صناعة الصيد فى بحر قزوين نتيجةً لزيادة الملوحة ونقص

جدول ٦-١
عوامل تغيير مستوى سطح البحر

عوامل إيوستاتيكيه (عالميه) Eustatic	محليه
-تغيرات جليديه عالميه glacio-eustatsy	-تغيرات جليديه محليه glacio-isostasy
- إمتلاء الأحواض المحيطيه بالرواسب	-تغيرات هيدروأيوستاتيكيه (تغيرات مائيه)
- بناء الجبال	تعريه وأرساب أيوستاتيكيه
- الإفراغ	إنضغاط الرواسب
- إنتقال المياه من البحيرات إلى المحيطات	بناء الجبال
- تمدد أو إنكماش حجم المياه نتيجة تغير درجة الحراره	بناء القارات
	جاذبية الجليد - الماء
- المياه الباطنية	التغير فى الشكل الجيوديسى للأرض

المساحات الضحلة وتدهور إنتاج الأسماك من نحو نصف مليون طن فى السنة فيمابين ١٩٢٥ و ١٩٣٥ إلى ٨٢٠٠٠ طن فى الفترة مابين ١٩٦٥ - ١٩٦٨ كما تدهورت نوعية الأسماك الممتازة ومنها Sturgean والسمك الأبيض والسلمون والرنجة (Micklin, 1972) .

وترجع هذه الظاهرة إلى أسباب طبيعية وبشرية .وقد يكون العامل المناخى هو العامل الرئيسى خاصة فى المراحل الأولى . فقبل ١٩٢٩ كان تيار الهواء فوق روسيا الأوربية غربيا ولكنه تغير إلى نمط جنوبى وشرقى خلال الثلاثينات والأربعينات من هذا القرن .ونتيجة لهذا التغير قل عدد المنخفضات الجوية المتحركة من الأطلنطى بينما زاد عدد هبوب الأعاصير الجافة المتحركة من القطب وسيبيريا خاصة فى فصل الشتاء .وقل تصريف البحيرة والنهر .ولهذا ، فخلال الخمس وعشرون سنة الأخيرة بصفة خاصة كان لكل من بناء الخزانات ونظام الرى والصناعة أهمية خاصة .



شكل (٥ - ١٥) التذبذب السنوى لمنسوب بحر قزوين (متر) موضحاً الإتجاه السريع نحو الهبوط بعد الثورة

وثم مثال أخير يمكن عرضه بتوضيح المشاكل التي قد تظهر أحيانا عند إعتبار العمليات المختلفة التى يمكن أن تندرج فى بعض التغيرات البيئية . ففى Maasai Amboseli Game Reserve فى شرق إفريقيا تعرضت شجرة الحمى Fever tree لانقراض شديد خلال العقدين الماضيين وقد صحب هذا زحزحة نحو بيئة أكثر جفافاً .وهناك عدد من الافتراضات التى يمكن أن تفسر أى منها هذا التغير الملحوظ ، فقد تكون نتيجة الرعى الجائر أو أن تكون نتيجة تخريب الأفيال التى تأثرت مواطنها بما أنشأه الانسان من منشآت ، وثمة سبب آخر مثل التغير الملحوظ فى كمية المطر ونظامه والتى حدثت فى شرق إفريقيا فى السنوات الأخيرة .

وقد يبدو التفسير الأول - لأول وهلة - جذاباً وهو أن الرعى الجائر لحيوانات الماساى Maasai هو المسؤول عن هذه الظاهرة خاصة وأنه كان ذا تأثير واضح فى مناطق أخرى . ولكن الزيادة المضطردة في عدد الأشجار الهالكة فى اتجاه مركز حوض البحيرة فى Game Reserve كان مرتبطاً ارتباطاً إحصائياً سلبياً مع كثافة الحيوانات .واكثر من هذا نجد أن المنطقة التى ترتفع فيها أعداد الأشجار الهالكة وكانت ملاذ الحياة البرية وأصبحت خالية من حيوانات الرعى منذ ١٩٦١ ، .وعلى العكس نجد أن غابات حافة الحوض والتى لم تعانى

خسائر كثيرة أصبحت لأسباب كثيرة أكثر المناطق إزدحاماً بالسكان والقطعان لعدة عقود .أما فيما يتعلق بتخريب الأفيال فهو محل شك حيث وجدت العديد من الأشجار الهالكة التى لم ينالها أى أذى .

ولهذا يبدو أن أياً من هذين الافتراضين لايشكل الحقيقة الكاملة . وفى دراسة حديثة قام بها (Western and Praet (1973 توصلا إلى أن زيادة ملوحة التربة هى سبب المشكلة فالأشجار الهالكة لها علاقة بالأراضى ذات التربات عالية الملوحة .وقد يكون أفضل تفسير لهذا ، هو ارتفاع مستوى المياه الجوفية حوالى ٣,٥ م فيمابين ١٩٦١ و ١٩٦٤ .هذا الارتفاع أدى إلى رفع مستوى الأملاح المذابة عن طريق الخاصية الشعرية إلى مستوى الجذور مما أدى إلى هلاك الأشجار ، ولعل إرتفاع مستويات البحيرات وزيادة الأمطار فى أوائل الستينات كان السبب الرئيسى فى ارتفاع مستوى المياه الجوفية .

الخلاصة :

إن جودة ما يتوفر لدينا من بيانات فى الوقت الحالى عن النزعات والتذبذبات فى القرن العشرين قد أدت إلى تغير كبير فى المواقف بالنسبة للمناخ ، وكما أشار لامب (Lamb, 1966) كان المناخ يعتبر حتى وقت قريب شيئاً ثابتاً اللهم إلا عبر العصور الجيولوجية " . وقد ظهرت مؤلفات عن مناخ أقاليم مختلفة دون ما إشارة إلى إمكانية التغير ، وإمعاناً فى عدم التعرض لهذا التغير لم يذكر بعض المؤلفين الفترات التى تتم فيها الأرصاد الجوية وكما أشار Lamb وغيره كثيرون فإن هذا الموقف الثابت لعلم المناخ القديم لابد أن يستبدل بموقف متحرك لعلم المناخ الحديث .

وثمة نتيجة أخرى يمكن أن نستنتجها وهو أن التذبذبات كانت بطول ودرجة كافيين ليكون لها نتائجها ، بعضاً منها له أهمية اقتصادية مباشرة ويمكن تاكيد هذا إذا نظرنا إلى الانتاج الزراعى فى منطقة هامشية مثل أيسلنده ، ففى أواخر الخمسينات كان محصول التبن فى أيسلنده فى المتوسط ٤,٣٣ طن / هكتار بإضافة ٢,٨٣ كم / هكتار من السماد وفى ١٩٦٦ و ١٩٦٧ كان متوسط المحصول ٣,٢٢ طن / هكتار بإضافة ٧٠٪ سماد على ما وضع من قبل

نوقشت طبيعة التذبذبات فى القرن العشرين فى عدد من الأعمال المفيدة منها أعمال H.H. Lamb و بصفة خاصة : -

Climate in 1960's with special Reference to east African lakes, Geographical Journal 132 (1966), pp. 183 - 212 .

Britan's changing climate, ibid. 133 (1967), 445 - 68 . -

Climatic fluctuations' in H. Flohn (ed.) World Survey of clima- - tology vol. 2 (1969) pp.173 - 249 .

وعلى المستوى العالمى، هناك عدد من البحوث قام بها E.B. Kraus منها - :

Secular changes of the standing circulation, Quarterly Journal of - the Royal Meteorological Society 82 (1956) 289 - 300 .

Secular Variations of east coast rainfall regims, ibid. 81 (1955), - 430 - 9 .

Recent Climatic changes, Nature 181 (1958) 666 - 8 . -

ومن الدراسات الأقليمية الأخرى - :

١ - عن جنوب افريقيا

Vorster, J.H. (1957) Trends in long range rainfall records in - South Africa . South African Geographical Journal 39, 61 - 6,

٢ - عن أستراليا

Deacon, E.L. (1953) Climatic Change in Australia Since 1880, - Australian Journal of physics 6, 209 - 18 .

٣ - نيوزيلند

Sailinger, M. J. and Gunn J.M. (1975) Recent Climatic Warming - around Newzeland, Nature 256, 396 - 8 .

٤ - الشرق الأوسط

Rosenan, N. (1963) Climatic Fluctuations in the Middle east during the period of instrumental record, Arid zone Research 20, 67 - 73 .

٥ - اليابان

Fukui, E. (1970) The recent rise of temperature in Japan, Japanese Progress in Climatology, 46 - 55 .

٦ - أمريكا

Kalnicky, R. A. (1974) Climatic changes since 1950, Annals Association of American Geographers 64, 100 - 12 .

ومن الدراسات المحلية التفصيلية والتى تصور تعقد الاختلافات المكانية منها :

Barett, E. C. (1966) Regional Variations of rainfall trends in northern England, 1900 - 1959, Transations, Insitute of British Geographers 38, 41 - 58 .

Gregory, S. (1956) Regional variations in the trend of annual rainfall over the British Isles, Geographical Journal 122, 346 - 53 .

P. B. Wright (1976) Recent climatic change in T. J. chandler and S. Gregory (eds.) The Climate of British Isles (Longman, London) .

ومن البحوث الجيدة والتى أثارت السؤال حول ما إذا كانت الصحارى تتسع أم لا بسبب الظروف المناخية الطبيعية .

Rapp, A. (1974) A review of desertization in Africa - Water, vegetation, and man, Secretrait for International Ecolgy, Stockholm, Report No. 1 .

وقد درست بعض نتائج التغيرات المناخية فى المراجع المذكورة أعلاه، خاصة بواسطة H.H. Lamb ومن أحد البحوث الهامة جدا

H. H. Ahlmann (1948) The Present Climatic fluctuation, Journal 112, - 165 - 95 .

وعن التوابع البيولوجية للتغيرات المناخية فى أوربا فقد أتت فى عدد من البحوث منها :

D. J. Crisp (1955) The influence of climatic changes on animals - and plants, ibid, 125, 1 - 19 .

C. Vibe (1967) Arctic aninals in relation to climatic fluctuations, - Meddelelser Groenland 170, No 5, 227 P.

G. Harris (1964) Climatic changes since 1960 affecting European - Birds, Weather 19, 70 - 9 .

O. Kalela (1952) Changes in the geographic distribution of Finn- - ish birds and mammals in relation to recent changes in climate, Fennia 75, 38 - 51 .

F. S. Russell et al (1971) changes in biological conditions in the - English channel off Plymouth during the last half century, Nature 234, 468 - 70 .

R. J. H. Beverton and A. J. Lee (1965) Hydrographic fluctuations - in the north Atlantic and some biological consequences, in C.G. Johnson and L.P. Smith (eds) The biological Significance of Climatic changes in Britain, pp. 79 - 107 .

K. Williamson (1976) Recent climatic influences on the Status - and distribution of some British birds, Weather 31, 362 - 84 .

رغم أن الكتابات عن التغيرات الهيدرولوجية غير كاملة، إلا أن هناك سجلات على التصرفات لكثير من أنهار العالم الرئيسية موجودة فى سجل اليونسكو UNESCO's Discharge of Selected rivers of the World, 1971, 194 pp.

كما ان هناك ملحقا مفيدا عن شرق افريقيا هو :

Butzer,K.W (1971)Recent history of an Ethiopean delta, chicago .

وهناك مناقشات حول أمريكا :

Leopold, L.B. (1951) Rainfall Frequency : an aspect of climatic - variation, Transaction American Geophsyics Union, 32, 347 - 57 .

Leopold L.B. et al. (1964) Fluvial processes in Geomorphology . -

ثم هناك معالجة أخرى مفيدة تتركز على النيل وهى :

Hurst, H. E. et al. (1965) Long - term Storage, an experiment at - Study, 145 pp.

وقد نوقشت الظروف فى شمال الأطلنطى فى مجموعة من البحوث التى سبق ذكرها

P. R. Brown (1953) Climatic fluctuations in the Greenland and - Norwegian seas, Quarterly Journal Royal Meteorological Society 79, 272 - 81 .

I. I. Schell (1962) On the Iceberg Severity off New foundland - and its prediction, Journal of Glacialogy 4, 161 - 72 .

وفيما يختص بالتذبذبات الجليدية فالدراسات عنها كثيرة جدا .وهناك بعض الاعتبارات النظرية الضرورية والتى ناقشتها الابحاث الآتية :

H. C. Hoinkes (1968) Glacier Variation and Weather, Journal of - Glacialogy 7, 3 - 20 .

J.F. Nye (1969) The advance and retreat of glaciers, weather 24 - (12), 501 - 12 .

J. F. Nye (1969) The response of glaciers and ice sheets to sea- - sonal and climatic changes, Proceedings of the Royal Society A, 256, p. 559 .

J. H. Mercer (1961) The response of fiord glaciers to changes in the – firn limit, Journal of Glacialogy 3, 850 - 64 .

أما عن المعالجات الاقليمية فهى قليلة ومنها :

١ - شرق افريقيا

J. Whittow et al. (1963) Observations on the glaciers of the Ru- – wenzori, ibid . 4, 581 - 616 .

J. M. Grove (1966) The Little Ice Age in the massif of Mont – Blank, Transactions Institute of British Geographers 40, 129 - 43 .

٢ - النرويج

W. H. Theakstone (1965) Recent changes in the glaciers of Svar- – tissen, Jounal of Glaciology 5, 411 - 31 .

٣ - ستزبرجن

A. Kosiba (1963) Changes in the Werenskiold Glacier and Hans – Glacier in SW. Spitzbergen, Bulletin International Association of Scientific Hydrology 8 (1), 24 - 35 .

٤ - أيسلنده

S. Therarinsson (1940) Recent glaciers shrinkage and eustatic – changes of Sea - lavel, Geografiska Annaler 22, 131 - 59 .

٥ - جرينلند

A, Weidick (1963) Glacier Variations in West Greenland in post – - Glacial time, Bulletin International Association of International Hydrolgy 8, 75 - 82 .

١ - ألاسكا

R. P. Goldthwait et al. (1963) Fluctuations of the Crillon Glacier - System, southeast Alask, ibid . 8, 62 - 74 .

C. J. Heuser and M. G. Marcus (1964) Historical Variations of - Lemon Greek Glacier, Alaska and their relationship to the climatic history, Jounal of Glaciology 5, 77 - 86 .

ثم هناك بيانات عن تذبذب الثلاجات جاءت فى :

P. Kasser (1967) Fluctuations of glacier 1959 - 1965, UNESCO . -

P. Kasser (1973) fluctuations of glaciers 1965 - 1970, UNESCO . -

الفصل السادس

تذبذب مستوي البحر خلال الزمن الرابع

«من المؤكد أن إنغمار الرفارف القارية كان من أهم الأحداث الچيولوچية خلال الأزمنة الحديثة فقد أدي انغمار الرفارف إلي نشأة دلتاوات جديدة وكثير من الشعاب المرجانية كما تكونت شواطيء رملية رملية وجزر حاجزية وبدون شك فقد امتد أثر هذا الإنغمار إلى المناخ وهجرة الكائنات البحرية و البرية بما في ذلك الانسان " .

N.D. Newell (1961,P.37)

أهمية تذبذب مستوي سطح البحر :

إن الشيء الوحيد الذي يعادل التغيرات المناخية - النباتية في الزمن الرابع ، هو تذبذب مستوي سطح البحر . وإن كانت هذه التذبذبات ترتبط إلي حد ما بعوامل مناخية ، فهناك عوامل أخري تؤثر علي مستوي سطح البحر، منها العوامل التكتونية والقوي الباطنية والقوي الايسوستاتيكية isostatic والضغط المحلي للرواسب ووزن الرواسب في الأحواض الساحلية . ويمكن تصنيف التغيرات ، إلي تغيرات عالمية وتتضمن تغيرات في مستوي سطح البحر (eustatic changes) أو أنها محلية تتضمن تغيرات في مستوي سطح الأرض (تغيرات تكتونية).

ويمكن ملاحظة أثر هذه التغيرات علي طول معظم السواحل ، فأينما توجد الرواسب البحرية الشاطئية و طبقات بحرية من القواقع و الأرصفة التي تحدها جروف شديدة الإنحدار فإنها دليل علي سواحل ناهضة . كما أن وجود مصبات الأنهار الغارقة (ريا) والكثبان

الغارقة والرؤوس والمصاطب الصخرية المغمورة وبقايا الغابات أو طبقات اللبد النباتي peat عند مستوي البحر الحالي أو دونه فكلها أدلة علي الشواطيء المغمورة . وكثير من الشواطيء تضم أدلة من كلا النوعيين دليل علي أنها شهدت كليهما خلال تاريخها . وجدول رقم ٦-١ محاولة لتصنيف وحصر الأسباب المختلفة التي تؤدي لتغيير مستوي سطح البحر حسبما كانت علي مستوي عالمي أو محلي . وستناقش أولا الانواع الإيوستاتيكية Eustatic لتغيير مستوي سطح البحر نظرا لأهميتها العامة ثم نناقش الانواع الشاذة و التي ترجع لعوامل محلية مثل توازن القشرة الارضية وبناء الجبال و التواء سطح الأرض .

العوامل الايوستاتيكية (Eustatic factors) :

رغم أن التغير الجليدي يعتبر من اكثر العوامل الايوستاتيكية التي اثرت علي مستوي سطح البحر علي المستوي العالمي خلال الزمن الرابع ، إلا أنه قد يكون مفيدا أن نتعرض لبعض العوامل الايوستاتيكية الثانوية الاخري والتي تلعب دورا ، خاصة علي المدي الطويل . فمثلا امتلاءالأحواض المحيطية بالرواسب يؤدي إلي إرتفاع مستوي سطح البحر بحوالي ٤مم/١٠٠مم سنة . وسببان آخران ثانويان جدا وهما خروج مياه من باطن الارض و اختلاف منسوب المياه تبعا لدرجة الحرارة والعامل الاخير قد يرفع مستوي سطح البحر حوالي ٦٠سم كلما ارتفعت حرارة مياه البحر درجة مئوية واحدة . أما العامل الأول فقد يرفع مستوي سطح البحر حوالي ١ متر في كل مليون سنة . أما تبخر البحيرات المرتبطة بالمطر و جفافها قد يكون عاملا غير مؤثر علي مستوي سطح البحر خاصة اذا علمنا أنه في حالة جفاف جميع البحيرات في نفس الوقت سيؤدي إلي إرتفاع مقداره ١٠ سم فقط .

وثمة سبب آخر أدي إلي التغيير الايوستاتيكي لسطح البحر خاصة في الهولوسين وهو ما يسمي بالافراغ الايسوستاتيكي . فقد أدي إرتفاع المناطق المحيطة ببحر البلطيق وخليج هدسن إلي انكماش مساحة هذه المسطحات المائية ولذا أفرغت مياهها التي انصرفت إلي المحيطات لتؤثر علي مستوي سطح البحر عالميا . ومقارنة مساحة وحجم خليج هدسن الآن

جدول ٦ - ١

عوامل تغيير مستوى سطح البحر

عوامل ايوستاتيكيه (عالمية) Eustatic	محليه
- تغيرات جليدية عالمية glacio-eustatsy	- تغيرات جليدية محلية glacio-isostasy
- إمتلاء الأحواض المحيطية بالرواسب	- تغيرات هيدرو أيوستاتيكية (تغيرات مائية)
- بناء الجبال	- تعريه وأرساب أيوستاتيكية
- الإفراغ	- إنظغاط الرواسب
- إنتقال المياه من البحيرات إلى المحيطات	- بناء الجبال
- تمدد أو إنكماش حجم المياه نتيجة تغير درجة الحرارة	- بناء القارات
	- جاذبيئة الجليد - الماء
- المياه الباطنية	- التغير فى الشكل الجيوديسى للأرض

يشير إلي أن كمية المياه التي انصرفت إلي المحيط قد تكون كافية لرفع المنسوب العالمي للبحر ٦٣ سم . ولاشك أن مايضيفة بحر البلطيق سيكون أقل . ويمكن تجاهل أثر هذا العامل لضعف تأثيرة .

ومن ثم يمكن القول أن هذه العوامل الثانوية ذات أهمية محدودة فيما يتعلق بالزمن الرابع خاصة لو قورنت بالتغيرات الناتجة عن تأثير الجليد .

التغير الايوستاسي الجليدي glacio - eustatsy :

خلال العقود الاولي من القرن الحالي وبعد اعمال Suess اقترح عدد من الباحثين ومنهم De Lamothe , Deperet, Baulig, Daly أن معظم تذبذبات سطح البحر كانت استجابة لكمية المياه المخزونة في الغطاءات الجليدية خلال الفترات الجليدية وغير الجليدية .

وقد اقترح مؤيدين لبعض الاعمال الاسترالية الحديثة - أن هناك مجموعة من المستويات المميزة في المغرب وفي مناطق أخري حول البحر المتوسط والتي يمكن ربطها بالاحداث الجليدية المختلفة : هي :

السيسيلي ٨٠ - ١٠٠ متر

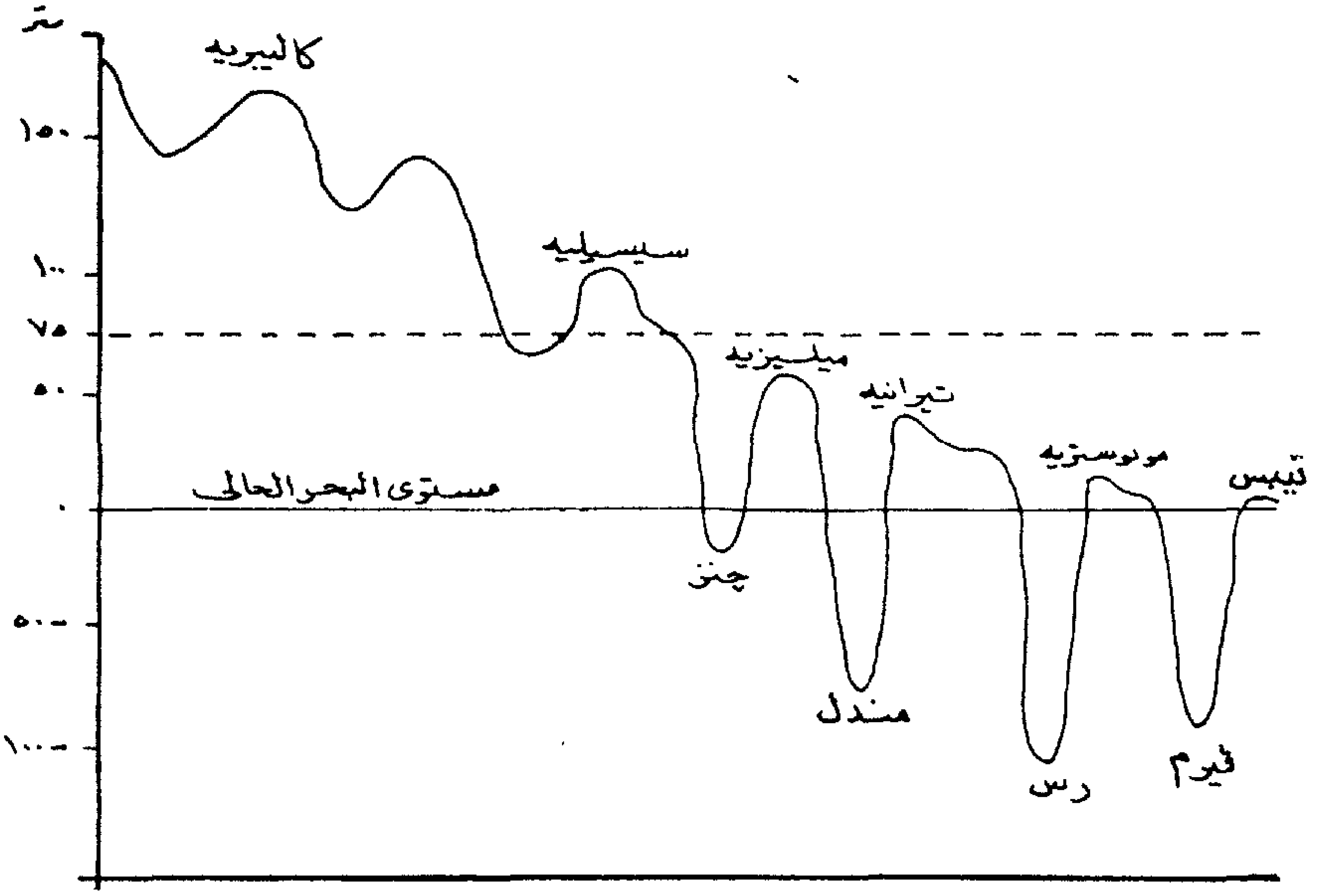
الليزي ٥٥- ٦٠ متر بين فترتي جنز ومندل

التريني ٣٠ - ٣٥ متر بين فترتي مندل ورس

المنوستاري ١٥-٢٠ و صفر-٧ متر بين فترتى رس وڤيرم

الغلانديري الوقت الحالي مابعد فيرم (غمر)

والمعروف أن الغمر البحري يرتبط بالفترات بين الجليدية (الدافئة) ويتبعه تقهقر يرتبط بالفترات الجليدية ، وان كان مستوي سطح البحر قد شهد تدهورا مستمرا خلال البليستوسين (شكل ٦-١) . والجدير بالذكر أن نوبان الغطائين الجليديين الرئيسين ، جرينلند (٢٤٨٠ كم٢) و أنتركاتيكا (٢٢١٠٠ كم٢) يؤدي إلي إرتفاع مستوي سطح البحر حوالي ٦٦م وتشير الأدلة المشتقة من العينات اللبية لأعماق البحار أن هذه الغطاءات لم تختف تماما خلال



شكل (٦ - ١) التتابع الكلاسيكى لمستوى سطح البحر فى البلايستوسين موضحا إتجاها نحو الإنخفاض فى إرتفاع الشواطئ الناهضة عبر الزمن. الخط المنقطع يمثل الإرتفاع التقريبى لمستوى سطح البحر فى حالة ذوبان جليد جرينلند وأنتركانيكا(after Frenzel , 1973)

الفترات ما بين الجليدية . وبدون ذوبان هذه الغطاءات بشكل عام فإن مستوى سطح البحر لن يرتفع سوى أمتار قلائل عن مستواه الحالى وهذه الحقيقة لا تتفق تماما مع نظرية تذبذب سطح البحر تحت تأثير الجليد و التي تشير إلي تدهور مستوي سطح البحر باستمرار خلال البليستوسين . و لا بد أن هناك عوامل أخري مسؤولة عن مستوي البحر المرتفع في أوائل البليستوسين . واكثر من هذا ، و لان هناك عوامل اخري بعضها محلي قد لعبت دوراً فهناك عدد قليل ممن يعتقدون الان انه يمكن استخدام المنسوب height فقط للربط بين السواحل في مساحات شاسعة علي اساس عصر دافيء عام .

ورغم هذا فإن انخفاض مستوي سطح البحر في الزمن الرابع نتيجة احتباس المياه في الغطاءات الجليدية كان في غاية الاهمية . وقد قدر Donn et al, (١٩٦٢) أن البحر انخفض الي ١٣٧ – ١٥٩ متر تحت مستواه الحالي إبان فترة ريس عندما وصل الجليد الي أقصي امتداده وذلك علي اساس اعتبارات نظرية لحجم الجليد – كما انخفض ابان الفترة الجليدية الاخيرة (فيرم – وسكنسن – ويسشل) الي ١٠٥– ١٢٣ متر تحت المستوي الحالي

وهناك أدلة چيومورفولوچية وترسيبية تؤيد هذا التقدير . فعلي سبيل المثال نجد قاع Iroise وهو جسم مائي في غرب بريتاني وقد غطته مواد زاحفة ناتجة عن الصقيع solifluxion إلي مستوي ١٠٠ متر تحت سطح البحر ولم يؤثر فيها البحر الا تاثيرا طفيفا . وفي بحث عن الشواطيء القديمة في نيوانجلند يري كل من Mc Mas-ter, Garrison (١٩٦٢) أن هناك تغيرات حتى مستوي ١٤٤ متر تحت سطح البحر الحالي . وعلي اساس الفحص بالنظائر المشعة للشعاب المرجانية في الحاجز المرجاني الهائل باستراليا و في كالفورنيا و جنوب شرق البحر الكاريبي ، يري Veeh, Veev-ers (١٩٧٠) أنه في نهاية الفترة الجليدية الاخيرة أي منذ ١٣٦٠٠ الي ١٧٠٠٠ سنة ، انخفض منسوب سطح البحر في العالم أجمع إلي ما دون ١٧٥ متر علي الأقل أي أعمق من التقدير السابق ب ٤٥ مترا .

وقد أدى هذا الانخفاض إلى اتصال بريطانيا بكل من أوروبا وايرلندة (Whittow, 1973) ، كما اتصلت استراليا بنميوغنيا واتصلت اليابان بالصين (Emery et al., 1971) ، كما أن قيعان البحر الأحمر (Olussonnd Olsson, 1969) والخليج العربى (Saarnthein, 1972) تعرضت للجفاف . وقد سبق لنا أن ناقشنا أثر هذه التغيرات الرئيسية فى جغرافية النباتات والحيوانات فى فصل سابق .

التذبذبات المرتبطة بحركات بناء الجبال :

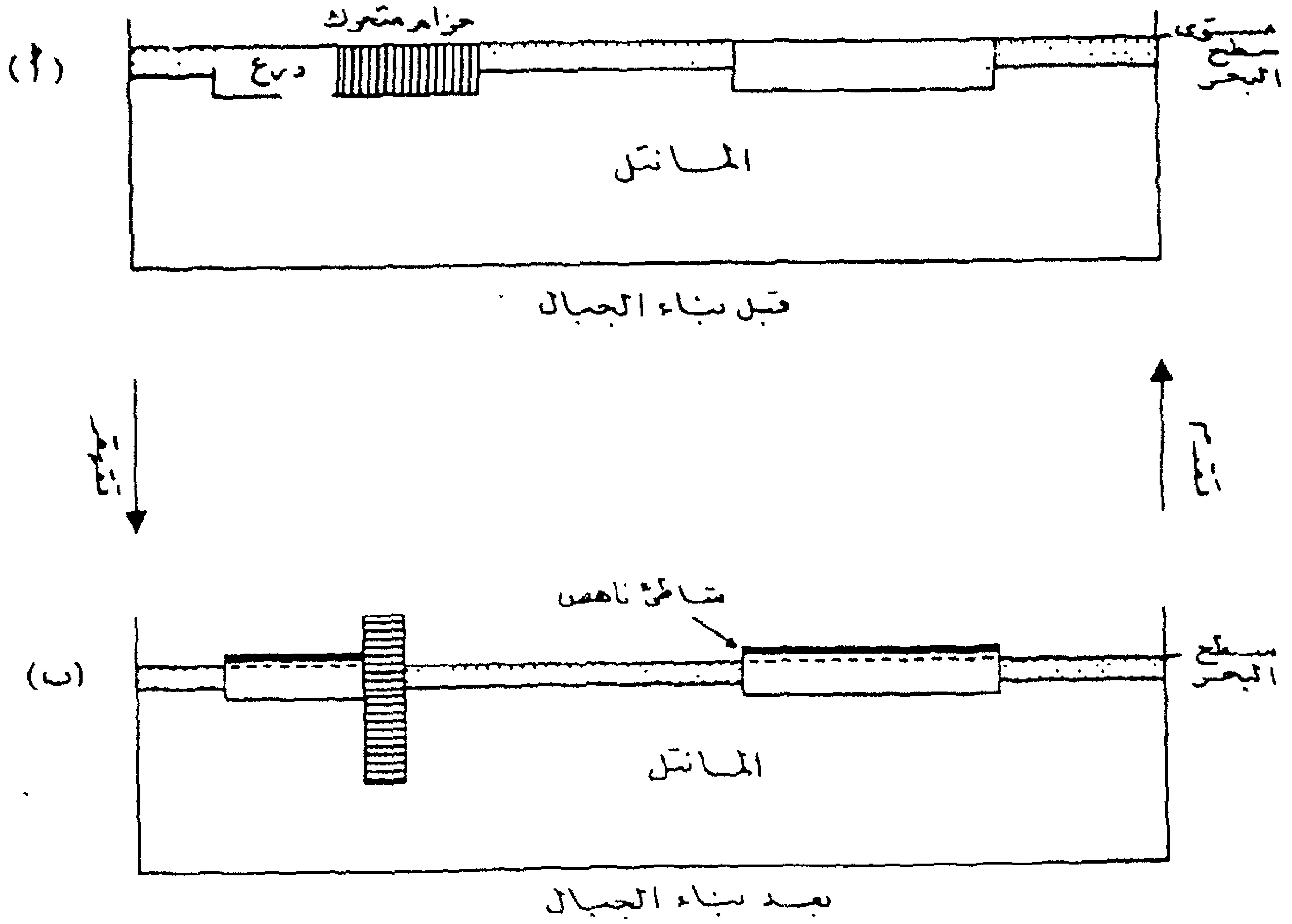
رغم أن بناء الجبال orogeny يعتبر في الاساس عاملا محليا في مدي تأثيره علي سطح البحر ، وفي حين أن eustasy ذات طبيعة عالمية فهناك نوع واحد من العمليات والتى يطلق عليها orgenic eustasy والذي به يكون للتغير المحلي أثارا عالمية . ولهذا فهو يقوم بدوره كعامل وصل بين نوعي التغيير الرئيسيين.

ويوضح شكل ٦-٢ الصورة التي يمكن تخيلها وهذا ما يمكن اجراؤه في المعمل بسهولة باستخدام مواد بسيطة . وتنضوي التجربة علي تجهيز قطعتين مستطيلتين من الرصاص لتمثلا قارتين يطفوان فوق زئبق يمثل طبقة الوشاح mantle ثم مياه تمثل مياه البحر وتكون فوق طبقة الزئبق بحيث تكون القارات مكشوفة في أجزائها العليا . ثم نعدل شكل احدي القارات بحيث يظهر في احد جوانبها جبلا وذلك بثني احد اطراف قطعة الرصاص في زاوية قائمة كما هو موضح بالشكل . نلاحظ ان القارة المعدلة ستزيح نفس كمية الزئبق التي تزيحها القارة الاخري رغم ان الجبل قد اندس لاسفل ويبقي منسوب الزئبق علي ما هو عليه ولكن المياه الآن تحتل المساحه اكبر ولهذا فانتشارها يؤدي إلي قلة عمقها وبهذا تنهض القارة الاخري (غير المعدلة) من الماء . ومن هنا يظهر مدي تأثير العامل المحلي علي المستوي العالمي . ((Grasty, 1967) وقد قدر ان الزيادة بمقدار ١ ٪ في مساحة المحيطات تؤدي الي انخفاض مستوي سطح البحر بمقدار ٤٠ متر ، علي افتراض ان متوسط

عمق المحيطات ٤كم . ولهذه العملية اهميتها علي المدي الطويل وان كانت لا تستطيع تفسير التذبذبات القصيرة المدي التي حدثت في البليستوسين . وعلي الجانب الآخر فان الانخفاض التدريجي للبحر خلال الفترة الدافئة قد يكون نتيجة جزئية لهذة العملية . وعلي اساس بيانات حديثة مستقاة من دراسة تكتونية الارض ، وحيث ان احواض المحيطات تنتشر بمعدل يصل الي ١٦ مم في السنة استطاع Bloom ان يقدر أن اتساع الاحواض المحيطية منذ الفترة ما بين الجليدية الأخيرة يستوعب حوالي ٦٪ من المياه المذابة العائدة الي المحيط ولهذا فإن الشواطيء مابعد الجليد لابد وان تكون علي مستوي اقل بحوالي ٨ متر من سواحل الفترة الدافئة منذ ١٠٠٠٠٠ سنة .

إرتفاع سطح البحر فيما بعد الجليد أو الغمر الفلاندرى :

منذ حوالي ١٤٠٠٠ سنة تبع انخفاض مستوي سطح البحر إرتفاع نتيجة لذوبان الجليد : وهذا ما يسمي بالغمر الهولوسيني أو الفلانديري وكان معدل تقدمه سريعا جدا ، خاصة منذ حوالي ٦٠٠٠ سنة . وقد قدر Godwin (1958) المعدل العام بحوالي متر واحد لكل قرن بينما قدر , Jelgersma (1966) بحوالي ٦٠ سم لكل قرن للالفي سنة بعد ٨٣٠٠ سنة من الان . وعلي اساس مورفولوچي بما في ذلك وجود مدرجات علي الرفارف الساحلية ، يبدو معقولا ان نستنتج ان الغمر البحري السريع تخللة بعض التوقف أو حتي انخفاض سطح البحر . وقد اشير إلي هذه النقطة من خلال دراسات للبروزات والمصاطب البحرية في كثير من جهات العالم في السنوات الاخيرة بما في ذلك الخليج العربي (٦١-٦٤ ، ٤٠ – ٥٣ ، ٣٠ متر تحت سطح مستوي البحر الحالي) ومضيق الباس Bass (٦٠ ، ٣٢، ٢٠ متر) وسواحل البحر المتوسط (٥، ١٠ ، ٢٧ ، ٥، ٩٦ متر) -1970 Ballard, Ucho) pi (Flemming,1972) ورغم ان هذه التوقفات stillstands الصغيرة لم يتم تأريخها فعلي اساس دراسات مورفولوچية تفصيلية (Morner, 1969) أمكن التوصل الي منحني ايوستاتيكي تفصيلي لاواخر ما بعد الجليد لجنوب اسكندنافيا والذي يلخصة جدول ٦-٢ . ويوضح شكل ٦-٣ كيف ان هذا المنحني يتمشي مع منحني Shepard (1963) ومنحني Fairbridge (1961) .



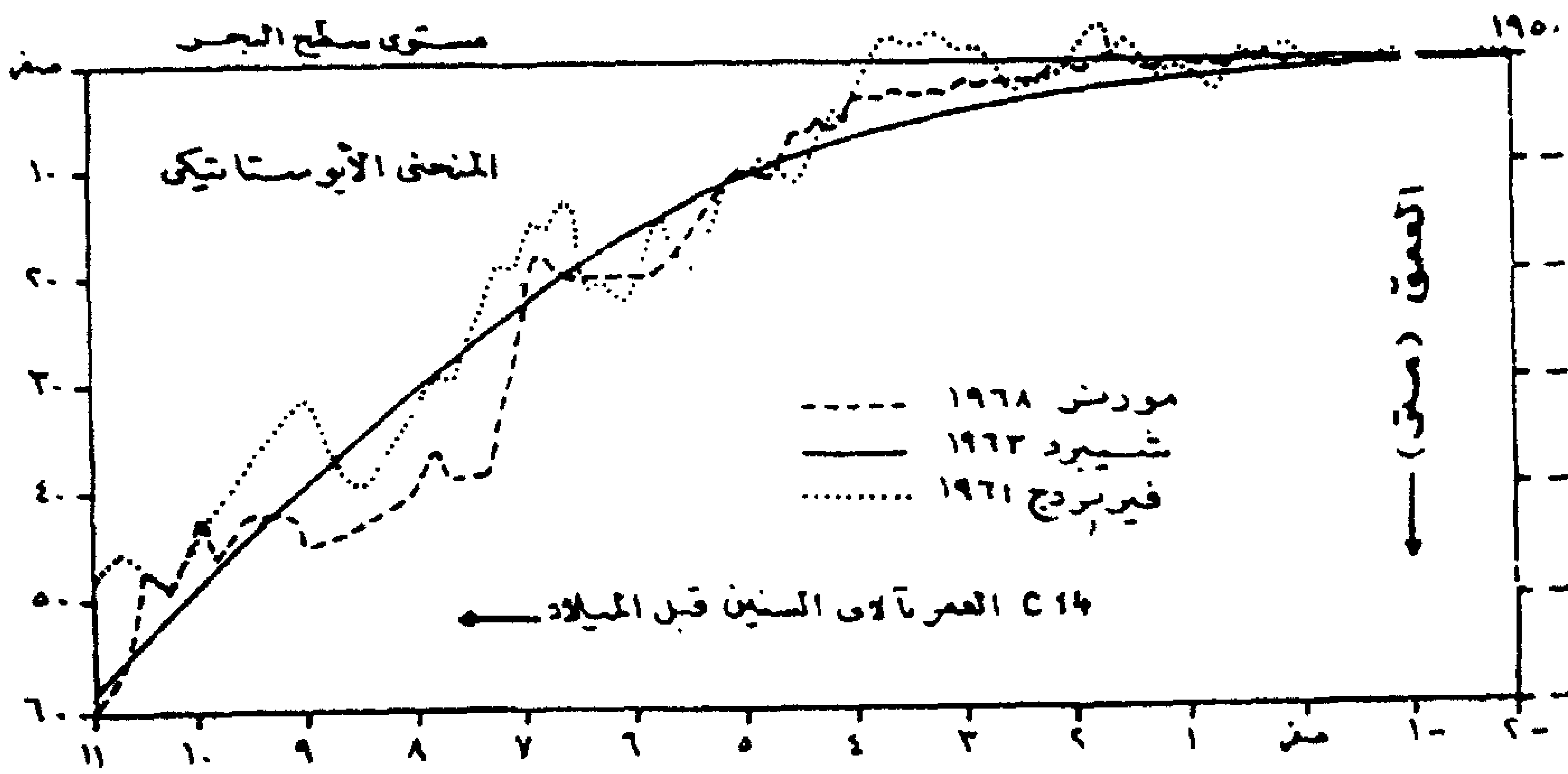
شكل (٦ - ٢) التغيرات على مستوى العالم في مستوى سطح البحر نتيجه لبناء الجبال.

جدول ٦-٢

النمط الايوستاتيكى للهولوسين

التاريخ (قبل الميلاد)	حالة التوقف أو الإستقرار	إرتفاع التوقف البحرى منسوبا إلى المنسوب الحالى (متر)
١١٧٥٠-١٠٧٠٠	إرتفاع	-٦٣ إلى -٥٦
١٠٧٠٠-١٠٣٥٠ (مرحلةأجارد interst.)	إرتفاع سريع	-٤٧
١٠٣٥٠-١٠٣٠٠ (Fjaras st.)	هبوط	-٤٩
١٠٣٠٠-٩٩٥٠ (Bolling inter.)	إرتفاع سريع	-٤٢
٩٩٥٠-٩٨٠٠ (Older Drayas)	هبوط	-٤٦
٩٥٠٠ (Early A llerod)	إرتفاع سريع	-٤٢
٩٥٠٠-٩٠٠٠	هبوط	-٤٥
٩٠٠٠-٨٠٥٠ (Younger Drayas)	إرتفاع بطئ	-٤٢
٧٨٠٠	إرتفاع سريع	-٣٦
٧٨٠٠-٧٧٠٠	هبوط	-٣٨,٥
٧٧٠٠-٧٣٣٠	ثابت	-٢٨
٧٣٠٠- ٦٩٠٠/٦٨٠٠	إرتفاع سريع جدا	-١٨,٥
٦٩٠٠-٦٨٠٠ إلى ٦٥٠٠-٥٨٠٠	هبوط	-٢٠,٣
٦٥٠٠-٥٨٠٠	ثابت	——
٥٨٠٠-٥٠٠٠	إرتفاع سريع	-١٠
٤٥٠٠	إرتفاع بطئ	-٦,٦
٤٣٠٠		-٥,٢
٤٢٠٠-٣٩٥٠		-٦
٣٩٠٠		-٣,٥٥
١٦٥٠-١٤٠٠		+٤,

After Morner, 1969

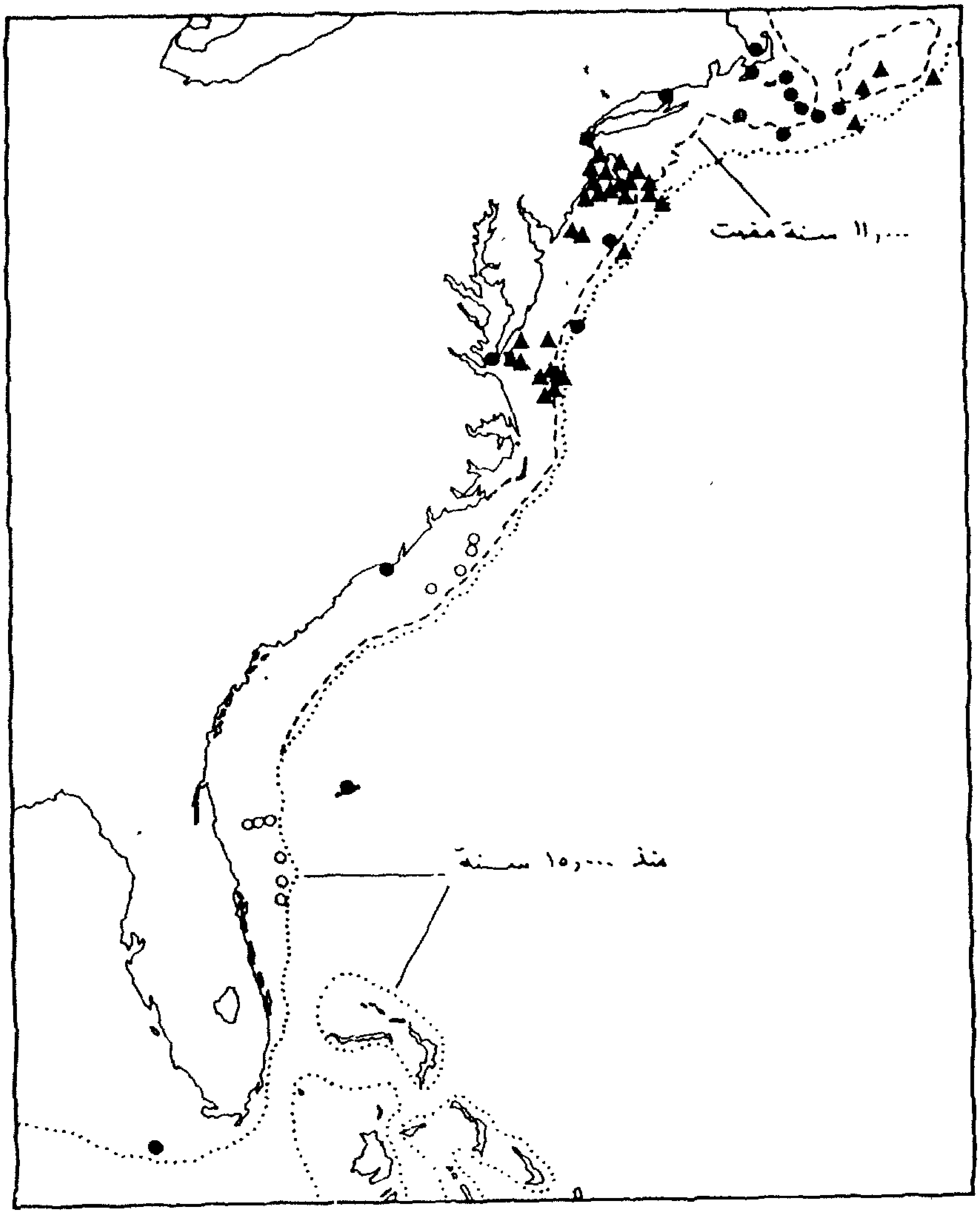


شكل (٦ - ٣) المنحنى الإيوستاتيكى فى الهولوسين.

وسواء حدثت هذه التوقفات أم لا ، فالاتجاة العام في الهولوسين حتي ٦٠٠٠ سنة مضت كان إرتفاعا سريعا لسطح البحر . وفي الرفارف قليلة الانحدار لابد ان هذا الإرتفاع السريع يعني ان البحر قد تقدم أفقيا بمعدل سريع ففي منطقة الخليج العربي علي سبيل المثال كانت هناك زحزحة شاطئية قدرها حوالي ٥٠٠ كم في فترة ٤٠٠٠-٥٠٠٠ سنة فقط ، أي بمعدل ١٠٠ -١٢٠ متر في السنة ولابد ان هذا كان له أثره الشديد علي سكان السهول الساحلية . وفي جنوب بريطانيا (جنوب شرق ديفون) قدر إرتفاع سطح البحر بحوالي ١.٥ متر لكل ١٠٠ سنة في الفترة ما بين ٩٠٠٠ , ٧٠٠٠ سنة مضت مما يعني أنه كانت هناك حركة ساحلية فى هذه المنطقة تقدر بحوالي ٨ متر سنويا (Clarke,1970.) .

ويوضح شكل ٦-٤ كيف أن شاطيء أمريكا الشمالية منذ ١١٠٠٠ و ١٥٠٠٠ مضت يمكن مقارنته بالشاطيء الحالي . فمنذ ١٥٠٠٠ سنة كان الساحل علي مستوي أوطي وعلي مسافة أبعد عبر الرفرف القاري وكانت المجموعات المختلفة من الجزر التي توجد إلي الشرق من الساحل متصلة ببعضها لتكون مساحة اكبر .

ولعل المشكلة الرئيسية التي تظهر من تحليل الغمر الهولوسيني تكمن فيما حدث بعد حوالي ٦٠٠٠ سنة مضت . وهناك ثلاث مدارس فكرية فيما يتعلق بهذا الموضوع . هذا والجدير بالذكر أن الجدل حول التغيرات الممكنة ينحصر في مترين فقط (جدول ٦-٣) . ومن المقبول بشكل عام أنه في خلال الستة آلاف سنة الأخيرة كان معدل إرتفاع سطح البحر في حالة وجوده كان أقل بكثير عما كان عليه في حالة الهولوسين . وهناك من يري أن البحر في إرتفاع مستمر حتي وقتنا الحالي رغم أن معدل الإرتفاع قل مع مرور الوقت (Shepard's hypothesis 1963). وعلي الجانب الآخر يفترض ,.Godwin et al (1985) ان مستوي سطح البحر إ رتفع تدريجيا حتي ٣٦٠٠ سنة مضت ومن ثم بقي ثابتا الي حد ما . وقد زعم كل من Fairbridge وآخرون (١٩٥٨) و Morner (١٩٧١) ، علي عكس الآراء السابقة أن مستوي سطح البحر في اواخر الهولوسين قد تذبذب إلي أعلي وأسفل من مستواه الحالي . وقد اقترحا أن البحر كان علي إرتفاع ١-٤ متر فوق مستواه



شكل (٦ - ٤) مقارنه بين شاطىء الولايات المتحدة الأطلنطى منذ ١٥٠٠٠ سنه و ١١٠٠٠ سنة والوقت الحاضر ومن الأدلة التى تؤكد أن الرصيف القارى كانت لاتغطيه مياه البحر .

١ - وجود أسنان فيله

٢ - اللبد النباتى (مياه عذبه)

٣ - تكاوين مياه ضحلة olites

(after Emery . 1969)

جدول ٦-٣

مراحل تغير مستوى سطح البحر منذ ١٣٠٠٠ سنة

بناء على مصادر مختلفة

سنوات (قبل الآن)	Shepard (١٩٦٣)	schofield (١٩٦٠)	Fairbridge (١٩٦١)	Godwin et al ١٩٥٨
١٠٠٠	-٠,٥	+١	+١	
٢٠٠٠	-١	+٢	-٢	
٣٠٠٠	-٢	+٣	-٢	
٤٠٠٠	-٣	+٥	+٢	
٥٠٠٠	-٤	-٢	+٣	صفر
٦٠٠٠	-٧	-٠,٥	صفر	-٤
٧٠٠٠	-١٠	-٤,٠	-٦	-٩
٨٠٠٠	-١٦	-١٩	-١٦	-١٧
٩٠٠٠	-٢٢	-٣٣	-١٤	-٢٨
١٠٠٠٠	-٣١	-٣٦	-٣٢	-٣٥
١١٠٠٠	-٤٠			-٤٤
١٢٠٠٠	-٤٨			-٥٢
١٣٠٠٠	-٥٨			-٦٢

الحالي خمس مرات فيما بين ٦٠٠٠سنة مضت والعصور الوسطي (جدول ٦-٤) . وقد ظهرت بعض الأدلة ضد هذا المفهوم . كما قام البعض بإعادة دراسة او إعادة النظر في بعض المواقع التي رآها Fairbridge علي أنها مستويات هولوسينية أكثر منها هولوسينية مرتفعه ووجدوا أنها سواحل مرفوعة ومصاطب بليستوسينية وتقول Jelgersma (١٩٦٦) " أنه اذا كانت مستويات البحر المرتفعة قد حدثت لابد ان نتوقع أن تكون السهول الساحلية قد غمرت علي نطاق واسع ". وتري ان ماالديها من بيانات عن خليج المكسيك وفلوريدا وهولنده لم توضح هذه الدرجة من الغمر . ومن خلال دراسة أركيولوجية مكثفة في المناطق الثابتة نسبيا من البحر المتوسط وباستخدام وسائل الغطس اقتنع Flemming (1969) انه بدقة ٥, متر ، لا توجد أية تغيرات ايوستاتيكية فى الألفى سنة الأخيرة . وفى أستراليا قام Thom et al (١٩٦١) بتأ ريخ لبد نباتى مياه عذبة (أحد مناطق فيربردج) ولم يجد ما يدل على أن البحر إرتفع فوق مستواه الحالى فيما بين ٢٩٨٥, ٠ ٩٠٠٠ سنة مضت . وبالمثل فقد ادت عملية التأريخ في سلسلة Chenier في كوينزلاند الي نتيجة مشابهة (Cooke & Polach,1973). وكذلك ، وبعد رحلة حول بعض الشعاب الحلقية في المحيط الهادي لم يجد Bloom & Newell (١٩٧٠) أى دليل واضح علي إرتفاع حديث في سطح البحر وهناك العديد من الأدلة علي ان مورفولوجية الشعاب المرجانية في المحيطين الهادي والهندي تتفق الي حد كبير مع الإرتفاع البطيء الذي ميز الستة آلاف سنة الأخيرة .

وواحد من الادلة الرئيسية التي استخدمت لتؤكد مفهوم إرتفاع سطح البحر خلال الهولوسين ، هو وجود مصاطب صغيرة مرفوعة Daly Levels في كثير من المناطق المدارية . وقد أوضح التاريخ بالكربون المشع ان هناك شعابا هولوسينية تقع علي إرتفاع بسيط يبلغ عمرها حوالي ٤٠٠٠ سنة ، وتشير هذه الشعاب الي امكانية وجود غمر هولوسيني بسيط وكما يري stoddart أنه قد يرجع الي حالة محلية

جدول ٦-٤

تتابع التذبذبات الهولوسينية حسب Fairbridge

غمر	إنحسار	مستوى سطح البحر (متر)	التاريخ (سنة من الأن)
Older peron		- ٣ أو ٤	٥٠٠٠٠
	Bahama	- ٣	٤٣٠٠
Younger peron		+ ٣	٣٩٠٠-٣٤٠٠
	Crane Key	- ٢	٣٣٠٠
	pelham Bay	- ٣	٢٤٠٠-٢٨٠٠
Abrolhos		+ ١,٥ - ٢	٢٣٠٠
	فولوريدا	- ٣	٢٠٠٠
Rottnest		+ ١,٥ إلى ٢	١٢٠٠-١٠٠٠
	Paria		٧٠٠٠

Fairbridge (1958)

ورغم هذا، فكثير من المصاطب والتي أرخت فيها عينات مرجانية بوسائل النظائر المختلفة ، تشير الي ان عددا كبيرا من 'Daly levels قد تكون نتيجة لتوقفات قديمة لسطح البحر . فهناك أدلة علي أن البحر كان علي مستوي أعلي من مستواه الحالى خلال أواسط مرحلة فيرم (منذ حوالي ٣٠٠٠٠ سنة) وفيما قبل فيرم منذ ٧٠٠٠٠ الي ١٨٠٠٠٠ وفيما بين ١٩٠٠٠٠ و ٢٤٠٠٠٠ سنة . وبشكل عام وكما سنري فيما بعد يبدو أنه من المحتمل أن سطح البحر توقف عند المستوي الحالي أو أعلي منه بقليل لفترة طويلة من ٧٠ – ١٩٠ $X\ 10^{3}$ سنة مضت . ولا شك ان هذا الوقت الطويل كاف لكي تتكون وتتطور المصاطب ، عما اذا كانت الفترة الزمنية محدودة كما هو الحال بالنسبة للتذبذبات الهولوسينية المقترحة . وفي عمل حديث قام به Stoddart (1971) علي معدلات التعرية في الجزر المرجانية يري أن الوقت لم يكن كافيا خلال الهولوسين ليؤدي إلي درجة التسوية التي سبق التعرف عليها .

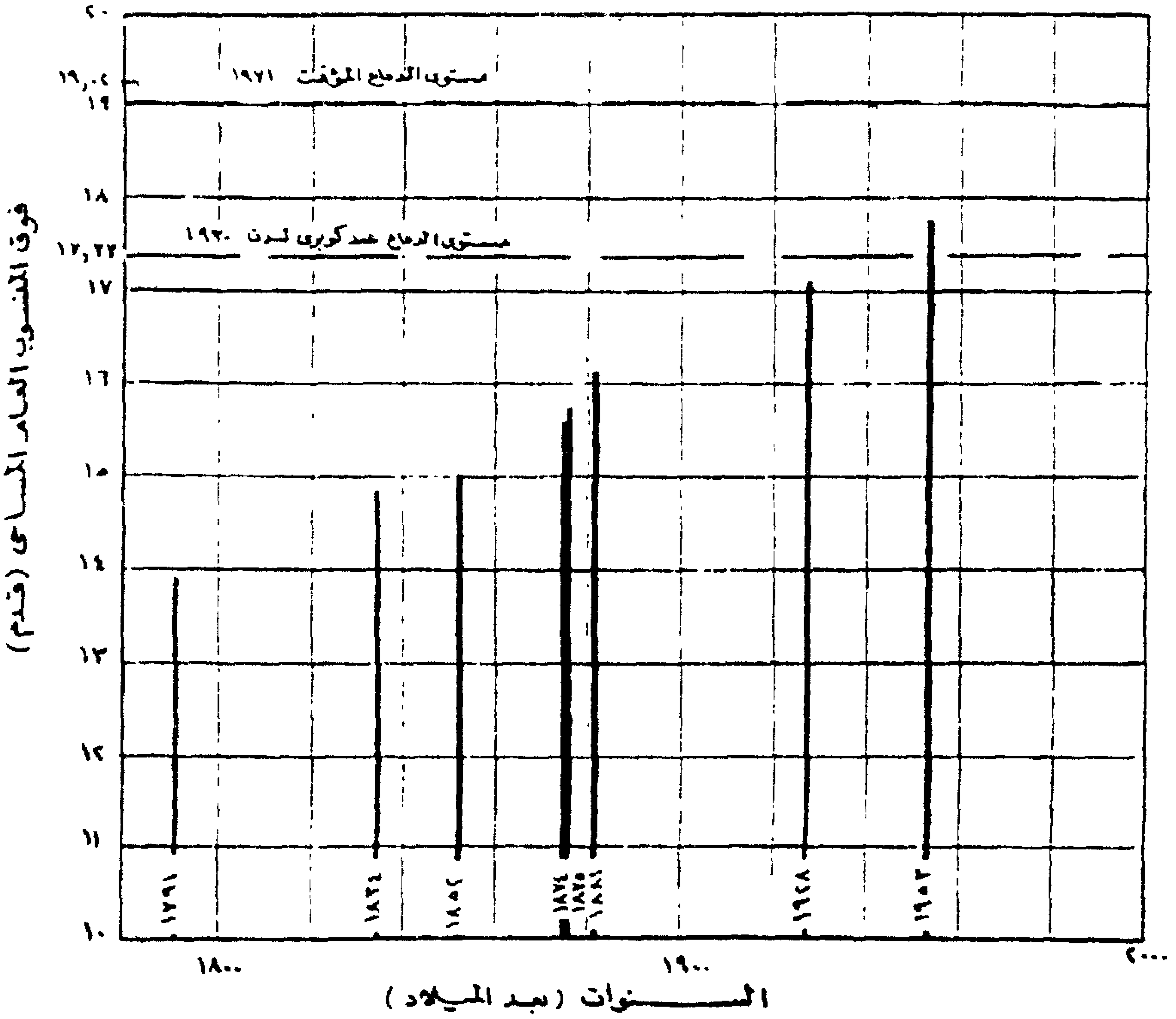
وهناك بعض الأدلة التي أ خذت من سجلات حركة المد في الوقت الحالي وتشير هذه الأدلة الي أنه منذ التحسن المناخي الذي حدث بعد العصر الجليدي الأصغر كان هناك إرتفاع في مستوي سطح البحر . وبالطبع من الصعب ان نفصل بين الغمر الناتج عن الحركات التكتونية والعوامل الاخري عن الغمر الايوستاتيكي الناتج عن نوبان الجليد ، ولكن هناك إتساق في السجلات يدفعنا للقول ان التأثير الإيوستاتيكي قد يكون مهما . ويلخص جدول ٦–٥ بعض هذه البيانات . ومما يثير الانتباه – وبوضع تغيير مستوي سطح البحر المرتبط بالجليد في الاعتبار – ان انخفاض معدل تراجع الجليد وتناقص او انعكاس التحسن المناخي في القرن العشرين قد ادي الي تناقص في معدل الإرتفاع الأيوستاتيكي في العقدين أو الثلاث عقود الأخيرة Scholl (1964) , Donn and Show (1963) . و بالمثل يدعي Binn (1972) أنه وجد عددا من السواحل التي تشير الي انخفاض في مستوي سطح البحر خلال فترة الجليد الأصغر الباردة منذ حوالي ٢٥٠٠ –٢٤٠٠ سنة مضت .

وفي بعض المواقع ، نجد أن هبوط سطح الأرض في الوقت الحالي مع الإرتفاع الإيوستاتيكي لسطح البحر يشكلان تهديدا للمناطق السكنية المنخفضة المنسوب . ففي حالة

جدول ٦ - ٥

معدل إرتفاع سطح البحر

المصدر	المعدل سم/١٠٠ سنة	التاريخ
Gutenberg (1941)	١٩,٤٠	١٨٨٠-١٩٤٢
Fairbridge & Krebs (1962)	١٢,٠٠	١٩٠٠-١٩٥٠
Fairbridge & Krebs (1962)	٥٥,٠٠	١٩٤٦-١٩٥٦
Scholl (1964)	١٨,٠٠	١٩١٤-١٩٦٤
Scholl (1964)	١٢,٠٠	١٩٤٠-١٩٦٤
Donn and Show (1963)	٤٢,٠٠	١٨٩٠-١٩٤٠
Donn and Show (1963)	٤٢,٠٠	١٩٤٠-١٩٦٠
Hawkins (1971)	٢٥,٠٠	١٩١٦-١٩٦٢



شكل (٦ - ٥) تزايد منسوب المد العالي عند كوبري لندن

لندن علي سبيل المثال نجد ان السجلات التاريخية تظهر أن المد المرتفع ومستوي الأمواج منسوبة لمستوي Newlyn ترتفع بإستمرار (شكل ٦-٥) بزيادة ١.٢ متر فيما بين ١٧٩١ و ١٩٥٣ . وهذا يزيد من أخطار الفيضان ولكن ليس من الواضح مدي تأثير كل من الهبو ط في سطح الأرض ، والإرتفاع الإيوستاتيكي وكذلك مدي تأثير الانسان ، و التغيير في درجات حرارة المياه ، وأثره على المد من خلال تغير طبيعة المياه ، ثم ان تغير الظروف المناخية (بما في ذلك المطر واتجاه الرياح) قد لعب دورا هاما كذلك . (Bowen, 1972; Horner, 1972)

وهناك صورة مماثلة في فينسيا (البندقية) حيث وصلت أمواج العواصف surges (المعروفة محليا باسم Acqua Alta) الي مستويات جديدة من الشدة والتكرار خلال السنوات القليلة الأخيرة . Berghinz (1967) . فمن بين ٥٨ عاصفة surges حدثت في المائة سنة الأخيرة هناك ٤٨ سجلت في ال٣٥ سنة الأخيرة و ٣٠ سجلت في آخر عشر سنوات . أي أنه خلال ٦٥ سنة الأولي كان هناك واحدة كل خمس سنوات وفي ٢٥ سنة التالية كان هناك واحدة كل سنة ثم ثلاث كل سنة في العشر سنين الأخيرة ، وإن كان إرتفاع سطح البحر يلعب دورًا هامًا ، لكن يبدو أن هبوط سطح الأرض هو المشكلة الرئيسية حيث إزداد المعدل من ٩, مم فى السنة في الفترة من ١٩٠٨ إلى ١٩٢٥ إلى ٥ مم فى السنة في الفترة من ١٩٥٣ إلي ١٩٦١ .

وفي مناطق أخرى من العالم ، يبدو أن الثبات النسبي لمستوى سطح البحر خلال بضعة آلاف قليلة من السنوات ، كان أحد العوامل المؤثرة في فقدان الرمال من الشواطئ على المستوى العالمي ، بما يتبعه من نحت وتهديد لنشاط الإنسان (Russel ,1967) . ومع استمرار الغمر الفلنديري بمعدل معقول فقد تعرضت أجزاء جديدة من السهل الساحلي للغمر مع وصول رواسب جديدة واتجاه الرواسب الخشنة نحو الأمام لتكون الشواطئ . وقد استمر الشاطئ في الازدياد طيلة إرتفاع مستوى سطح البحر إلي جانب أن الفائض من الرمال كان

ينتقل مع اتجاه الرياح مكونًا كثبانًا ساحلية . وقد وصلت الكثبان الشاطئية إلى أوجها عندما اقتربت فترة التوقف interstadial . ورغم هذا ، فعندما وصل البحر إلي هذا المستوي ، بدأت تختفي هذه الرواسب الجديدة وتسببت العوامل البحرية في فقدان الكثير من هذه الرواسب في كثير من أنحاء العالم . وهناك حاجة ماسة لبحوث تجري علي الأهمية النسبية لهذا العامل مقارنة بالتغيرات في ظروف الرياح والعواصف والتغيرات الناتجة عن تدخل الإنسان .

طبيعة مستوي سطح البحر قبل الهولوسين :

رغم أن التتابع الكلاسيكي لمستوي البحر في البليستوسين يتضمن هبوط سطح البحر تدريجيًا إبان الفترات بين الجليدية ، فهناك عدم دقة إلي حد ما في تأريخ تتابع تغير مستوي سطح البحر . ورغم أن الوسائل الحديثة قد مكنتنا من التعميم ، فما زال مطلوبًا الوصول بكثير من التواريخ إلي درجة التأكد . وتواجهنا في هذا المجال مشكلتان رئيسيتان ، أولهما : هل كان مستوي سطح البحر في فترة التوقف interstadial لمرحلة ڤيرم أعلي منه الآن . والثانية : هل كان مستوي البحر في الفترة ما بين الجليدية أعلي منه في الوقت الحاضر ؟

أما السؤال الخاص بمدي اقتراب المستوي الحالي لمستوي سطح البحر في أواسط فترة التوقف interstadial مرحلة ڤيرم ، أي منذ ٣٠٠٠٠ سنة ، فهذا سؤال صعب (Thom ,1973) ، ورغم هذا فهناك عدد أساسي من التواريخ المؤكدة لرواسب شواطئ مرفوعة في تنزانيا والدبرة (في المحيط الهندي) والمحيط الأطلنطي والبحر الأحمر . ومما يجدر الإشارة إليه ، أن مثل هذه التواريخ تقترب من الحد الأقصي الذي يمكن تأريخه بواسطة C14 ، كما أن أي تلوث بسيط في العينة قد يؤدي إلي تواريخ مضللة . وفعلاً ظهر تفاوت بين تواريخ استعمل فيها C14 وأخري استخدم فيها سلسلة اليورانيوم في عينات أخذت من البحر الأحمر والدبرة (Thompson and Walton ,1972) . ويمكن أن نلقي

الضـوء علي مـشكلة التـأريخ بواسطة الكربون المشع لقـواقع ومـرجـانيـات تعـرضت للتلوث بكربونات حديثة مما قد يؤدي إلي تأريخ خاطئ لعمر كربونات عمرها الحقيقي ١٠٠٠٠٠ سنة . والمثال التـالي يوضح أن تلوثًا بسيطًا لعينة تنتمي لمرحلة الدفء قد يعطي تاريخًا لفترة التوقف interstadial في منتصف Wurm (Newell, 1961) .

نسبة التلوث بكربونات حديثة	العمر الظاهري C14 بالسنوات
٥٠	٥٦٠٠
١٠	١٩٠٠٠
٥	٢٤٥٠٠
١	٣٧٠٠٠
٠,١	٧٤٠٠٠

وكما هو الحال في مستويات البحر في الهولوسين لم تلعب العوامل غير الايوستاتيكية دورًا في بعض المواقف . ولهذا فإن هذا المستوي المرتفع في فترة التوقف في الوقت الحالي لا يتعدي الاحتمال . ورغم هذا إذا كانت هناك فترة التوقف interstadial في وسط فترة Wurm كما يبدو فلابد أن نتوقع أن تسبب إرتفاعًا نسبيًا في سطح البحر ، وعلي أساس مثل هذه البيـانات المناخية المتاحة فلنا أن نتـوقع أن مسـتوي البحـر قد خضع لمؤثرات ايوستاتيكية خلال هذه الفترات الدافئة نسبيًا interstadials ليكون عند مستوي – ٤٠ إلي – ٥٠ م . فظروف الحرارة خلال فترة التوقف كانت كافية لتسبب نوبانًا جزئيا للغطاءات الجليدية الضخمة . وخلال الفترة الجليدية الأخيرة استطاع كل من غطاي لورينتايد Laurentide و اسكندنافيا Scandinavian البقاء ، كما أن نباتات باردة عن الوقت الحاضر كانت موجودة في غرب أوربا ، وتشير سجلات نظائر الأكسيجين لعينات من عمق البحر وجليد جرينلند إلي قيم لا تكافئ فترة interglacial أو الظروف الحالية . أما مستوي

سطح البحر فيما قبل مرحلة فيرم فيبدو أوضح بقليل ، ولو أن الدقة والتكرار لتواريخ مجموعة اليورانيوم مازال يحتاج إلي الكثير من العمل وبشكل عام فمن الممكن أن نري من جدول ٦-٦ أنه ما بين حوالي ٧٠٠٠٠ سنة و ٢٠٠٠٠٠ سنة مضت كان مستوي البحر مرتفع نسبيًا وإن لم يكن مطلقًا . وهناك اقتراحات أنه في الإمكان أن نجد فترات محدودة من الإرتفاع خلال هذه الفترة الطويلة وقد اقترحت ٢٠٠٠٠٠ ± ٢٠٠٠٠ و ١٢٠٠٠٠ ± ١٢٠٠٠ و ٨٠٠٠٠ ± ٨٠٠٠ سنة كتواريخ لثلاث مستويات رئيسية أول هذه المستويات قد يرجع إلي مرحلة Eomian بين الجليدية والتي أعطيت أسماء مختلفة في الماضي ومنها Ouljian, Normannian, Eu - and Neotyrrhenian, Sanganmon Ka-rimbolian .

ويبدو أن بعض تواريخ إرتفاع منسوب سطح البحر فيما قبل فترة فيرم يتعاصر إلي حد كبير مع كل من الذروة علي منحني الاشعاع الشمسي النظري Veeh and chappell (1970) ، ومع أقصي درجة حرارة أوضحتها العينات اللبية لأعماق البحار Broecker, et al (1968) . ولعل الازدواج الذي نشهده في بعض الشواطئ المرفوعة (مثل النورمانيان الأعلي والأسفل والايو - ونيوتيرنيان) يمكن ربطه بالتوقفات المختلفة التي حدثت قبل فيرم والتي بدأت وسائل سلسلة اليورانيوم الكشف عنها . [لابد من الاشارة إلي أن بعض الشواطئ البريطانية المرفوعة وباستخدام الأسس الاستراتجرافية لم تنسب لفترة Eemian ولكن لأخر فترة بين جليدية ما عدا فترة (هولستنيان أو مندل/ رس) (Guilcher , 1969) .

ومن ثم لا يمكن أن نجزم ونؤكد أي معلومات عن مستوي سطح البحر في العالم قبل حوالي ١/٤ مليون سنة ، فكل من الشواهد الاستراتجرافية والمورفولوجية تبدو متناثرة ومن ثم تصبح عملية التأريخ صعبة . ولعل وجود أدلة علي أن الغطاءات الجليدية والثلاجات

جدول ٦-٦

تواريخ راديومتريه لمستويات سطح البحر فيما قبل الهولوسين

المصدر	الموقع	تاريخ الغمر (سنه)
stearns and Thurber(1967)	المغرب	95000-60000
		115000-200000
		250000
Osmond et al (1965)	فولوريدا	130000
Ku (1968)	بادباروس	80000
		105000
		120000
BroecKer&Thurber(1965)	باهاما وفولوريدا	85000
		130000
		190000
Veeh and Chapell (1970)	غينيا الجديده	50000-30000
		74000
		118000-140000
		180000-190000
Broecker et al (1968)	بادباروس	82000
		103000
		122000

تابع جدول ٦-٦

تواريخ راديومتريه لمستويات سطح البحر فيما قبل الهولوسين

المصدر	الموقع	تاريخ الغمر (سنه)
Mesolella et al (1969)	باربادوس	82000
		105000
		125000
		170000-230000
		250000
Miliman and Emery(1968)	منطقة الأطلنطى	30000-35000
Thurber et al . (1965)	Eniwetok	120000
Stoddart(1969)	الدبره	30000
	تنزانيا	26750-34400
Veeh and Giegengack (1970)	البحر الأحمر	90000
Valentine and Veeh (1969)	كالفورنيا	120000
Veeh and Valentine (1967)	كالفورنيا	130000-140000
Thomson and Walton(1972)	الدبره	127000
Birkeland (1972)	كالفورنيا	104000
		131000
		+ 200000

وجدت وتغيرت أحجامها خلال الزمن الثالث يشير إلي احتمال تغير مستوي سطح البحر نتيجة للتغيرات الجليدية الايوستاتيكية (Tinner, 1968) فيما قبل البليستوسين وأوله . بالإضافة إلي أن تغير في مستوي سطح البحر نتيجة لبناء الجبال في السينوزوي له أهميته ولابد أنه أدي إلي انخفاض عالمي في مستوي سطح البحر . وهناك في أجزاء متعددة من العالم ما يدل علي وجود مستويات مرتفعة قديمة (Andrews, 1975) . ففي استراليا ونيوزيلند يبدو أن البحر كان علي مستوي ١٨٠ متر فوق مستواه الحالي في أواسط البليوسين (منذ حوالي ٦ مليون سنة) وفي كارولينا الجنوبية (الولايات المتحدة) انخفض منسوب سطح البحر ٧٦ مترا منذ الميوسين ، وفي شرق الولايات المتحدة ونيوزيلند كان البحر علي مستوي ٣٠متر فوق مستواه الحالي فيما بين البليوسين والبليستوسين . وفي جنوب انجلترا هناك أدلة مورفولوجية علي وجود رصيف بحرى في البليستوسين المبكر علي إرتفاع حوالي ٢١٠ متر وقد يكون هناك رصيف مماثل في ويلز .

ورغم هذا ، ففي هذه الفترة الزمنية محورحديثنا نجد من الصعب أن نعتقد أن كثيرًا من أجزاء العالم كانت ثابتة تمامًا خاصة فيما يتعلق بالتغيرات الجارية في شكل الأرض والمرتبطة بنظرية الألواح التكتونية . ولهذا فإن أي محاولات لعمل منحني لسطح البحر علي المستوى العالمي لأوائل البليستوسين وما قبله قد تبوء بالفشل . حتي خلال أواخر البليستوسين كانت الحركات المحلية في غاية الأهمية في كثير من المناطق .

وسنناقش فيما يلي العمليات المختلفة المتضمنة في هذه التغيرا ت المحلية ، ثم نتبع هذا بفحص إقليمي لبعض الطرق التي اتحدت فيها كل من القوي الايوستاتيكية والمحلية في بعض المناطق لتخلق صورًا معقدة للانحسار والغمر البحري .

توازن القشرة Isostasy :

تستجيب قشرة الأرض لأي حمل يضاف إليها أو يرفع عنها . ولهذا فخلال الدورة التحاتية كم رأينا .في نظرية ديفز ، فإن التعرية تزيل كميات ضخمة من السطح العلوي للطبقات الصخرية التي تتعرض للإرتفاع بهدف التوازن مما يؤدى إلى الوصول إلي مستوي القاعدة ورغم هذا ، فمن غير المحتمل أن هذه التأثيرات التوازنية تتعدي أن تكون لها أكثر من أهمية محلية خلال الفترة القصيرة نسبيًا في البليستوسين والهولوسين .

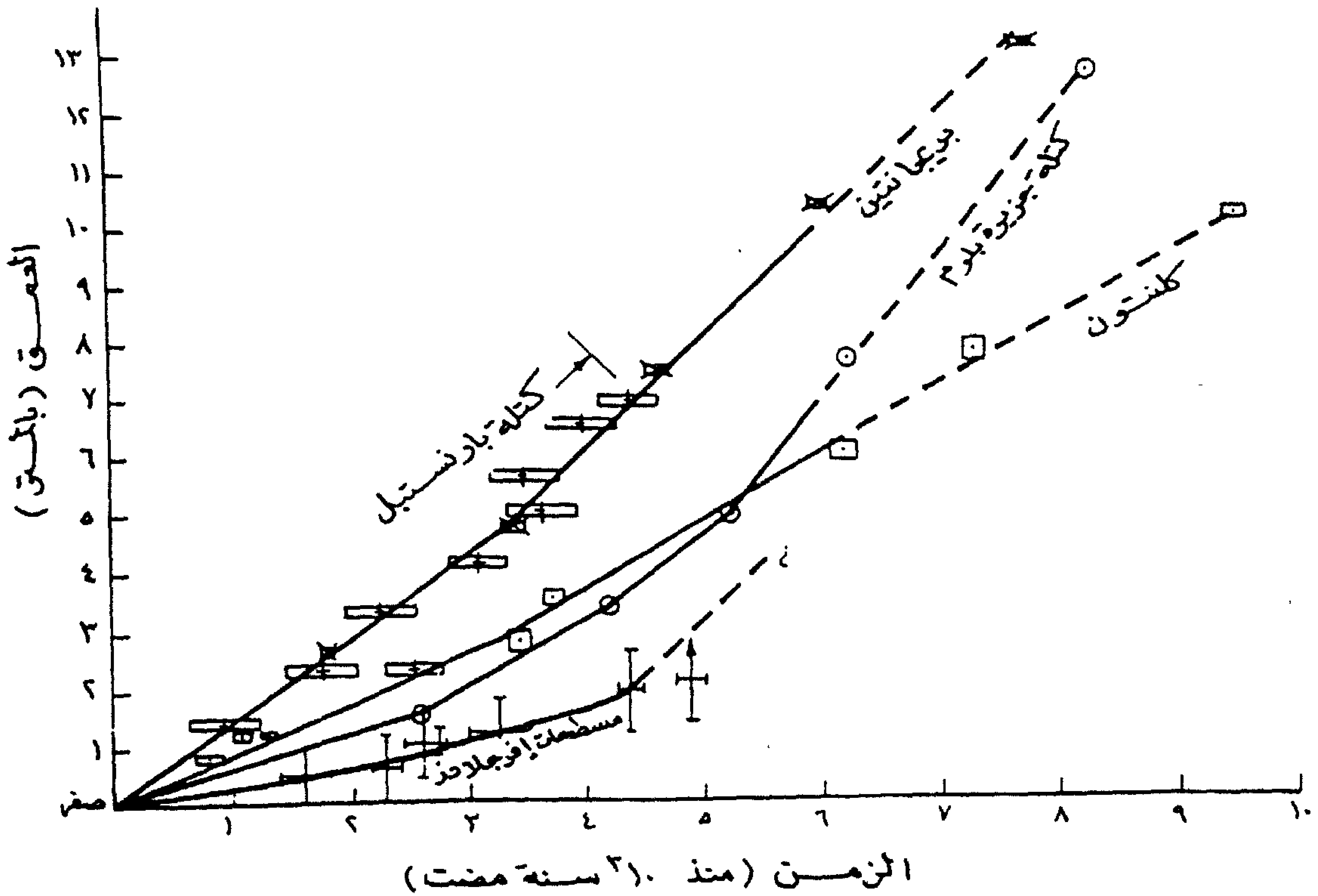
والتوازن له أهميته من ناحيتين : أولاً : وجود وحركة كتل جليدية ضخمة إلي أجزاء معينة من قشرة الأرض ثم انصباب وحركة كميات ضخمة من مياه البحر وأحيانًا مياه البحيرات من الرفارف القارية ومن أحواض البحيرات .

وقد أطلق في لسنوات الأخيرة علي العملية الثانية مصطلح hydroisostasy التوازن المائى ومن المحتمل أنه أقل أهمية عن التوازن الجليدى glacio - isostasy وإن كانت آثاره قد نسيت . ويمكن أن نلخص نظرية Hydroisostasy فيما يلي : تغيرات ايوستاتيكية في مستوي سطح البحر نتيجة ذوبان وتجمد الغطاءات الجليدية تعمل على اضافة المياه أو نقصانها بالتبادل من الأحواض المحيطية . هذه المياه بالتالي تضيف أو تنقص الحمل من قاع المحيط ، وإذا افترضنا أن الكثافة في منطقة ما تحت القشرة لا تقل عن ٣ أو ٤ فيكون إجمالي التوازن لحمل المياه الناتج في المنخفضات الموجوده في قاع البحر يتراوح بين ٣/١ إلي ٤/١ العمق المؤثر للمياه (Higgins, 1969) . وفي حقيقة الأمر نجد أن معدل ومقدار التغير في التوازن المائي Hydroisostasy يختلف من مكان لآخرتبعًا لعوامل مختلفة . والسواحل التي تقترب منها مياه محيطية يزيد عمقها عن ١٠٠ متر يكون عليها حمل مائي من الإ رتفاع الايوستاتيكي لمستوي سطح البحر فيما بعد الجليد أضيف في وقت مبكر ويلتصق بالشاطئ ، بينما نجد أن السواحل التي تحيط حاليًا ببحار ضحلة أضيف إليها الحمل مؤخراً وهو بشكل عام بعيد عن الشاطئ . ولابد أن نتوقع أن كمية الغمر تتناسب مع

مدي قرب المياه العميقة . وقد تأكد هذا بصفة غير نهائية بدراسات حديثة علي سواحل أمريكا. وفي هذا التفسير ، نجد أن العمق الضحل البعيد عن الشاطئ في منطقة Ever-glades في فلوريدا هو الذي أدي بهذا المكان أن يكون ثابتًا نسبيًا (شكل٦-٦) مقارنة مع نيوانجلند (Bloom , 1967) .

ومن العوامل الأخري التي تؤثر علي درجة الغمر الذي يتبع إرتفاع منسوب سطح البحر قد يكون كثافة ما تحت القشرة المحلية ، وديناميكية لزوجتها ودرجة الضبط التي تصل إليها قبل بداية التحميل أو التفريغ . وتقدير الآثار العامة لهذه العملية يشير إلي أن ذوبان كل جليد أنتركاتيكا قد يرفع سطح البحر بحوالي ٦٠ مترا ولكن الانخفاض التعادلي الهيدروأيسوستاتيكي لقاع المحيط لابد أن يقلل الإرتفاع الفعلى لسطح البحر لحوالي ٤٠ مترًا أي لحوالي الثلثين .

وآثار التوازن المائى Hydroisostasy ، يمكن رؤيتها في حالة بحيرة بونوفيل والتي وصلت إلي عمق كبير ومساحة شاسعة خلال الفترات المطيرة في البليستوسين ، حيث وصل عمقها إلي ٣٣٥متر . أما سواحلها المعروفة جيدًا منذ دراسة G . K . Gilbert ودارسون تابعون ، تبدو قد أصيبت بالالتواء warping لتتفق مع موقعها النسبي لمساحة أقصي عمق للمياه . ويقع أعلي ساحل لبحيرة بونوفيل في الجزرالموجودة في البحيرة القديمة علي مستوى أعلي بمقدار ٦٤ متر عما هو عليه في الأطراف (Crittenden,1963) كما يظهر التواء warping في بحيرة Lahontan ولكن يتراوح بين ٦ ، ٩متر . وثمة دليل أحدث علي هذه الظاهرة يمكن مشاهدته في البحيرة الصناعية Mead في الولايات المتحدة ، حيث إن بناء سد هوفر أدي إلي احتجاز ٤٠٠٠٠ مليون طن من المياه فوق مساحة ٦٠٠ كم٢ مما أدي إلي خلق حمل غير عادى يقدر بحوالي ١٤٠ رطل لكل بوصة مربعة كان نتيجته هبوط وسط البحيرة بحوالي ١٧٠ سم فيما بين ١٩٣٥ و ١٩٥٠ ثم قلت درجة الهبوط تدريجيًا وسط البحيرة (Longwell, 1960) .



شكل (٦ – ٦) مقارنة منحنيات مستوى سطح البحر المنشورة عن الجانب الشرقى للولايات المتحدة والتى توضح تأثيرات التوازن المائى.

ويمكن أن نلخص أساس عملية التوازن الجليدي فيما يلي : خلال الفترات الجليدية انتقلت الأحمال من المحيطات التي تمثل ٧٠٪ من مساحة الأرض إلي المناطق الجليدية التي تقدر مساحتها بحوالي ٥ ٪مما أدي إلي إنخفاض القشرة بينمايؤدي نوبان الجليد إلي أن يخف الوزن وبالتالي يرتفع سطح الأرض .

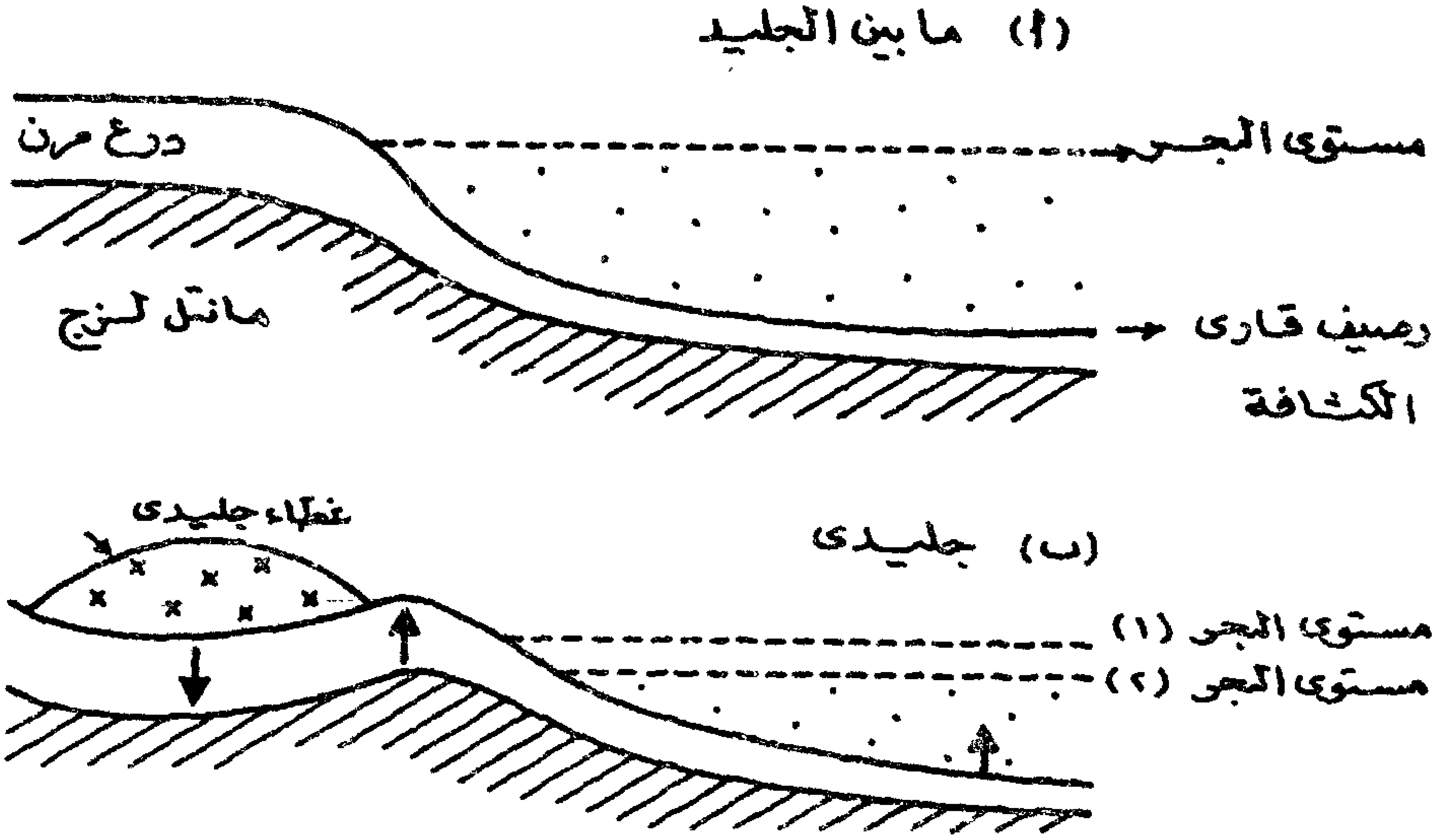
وما يعرف عن طبيعة تتابع الإنخفاض قليل نسبيًا ، ولكن لأن الانحسار البحري واضح من خلال الشواطئ المرفوعة كما يمكن قياسه في الوقت الحالي وهناك الكثير الذي يمكن أن يعرف عنه (Andrews, 1970). ويمكن أن نميزثلاث مراحل رئيسية تنتج عن توازن القشرة :

أولاً : فترة النهوض المقيد عندما يبدأ الجليد في فقد كتلته .

ثانيًا : فترة إرتفاع ما بعد الجليد وفيها يزداد معدل نوبان الجليد مؤديًا إلي ازدياد تدريجي في الإرتفاع .

ثالثًا : فترة استعادة إرتفاع سطح البحر لمستواه نتيجة نوبان الجليد المتخلف ، ومازال هناك إرتفاع في الشواطئ رغم زوال الجليد تمامًا . ويسود هذا الوضع في كثير من الشواطئ في الوقت الحالي . وبسبب هذا التتابع فإن انحدار الميل tilt يقل علي الشواطئ الحديثة والأحدث بشكل يربطها بوضوح بحركة الرفع التوازني فيما بعد الجليد . وهناك بعض المعلومات الكمية المتوفرة عن اسكتلنده والتي تشير إلي أنه في الجزء الشرقي منها وجدت درجات ميل تبلغ ١٨ مم/ كم / ١٠٠٠ سنة فيما بين ٩٥٠٠و ٥٥٠٠ سنة مضت ويتناقص معدل الميل إلى ٠.٩ ١٠مم/كم / ١٠٠٠ سنة فيما بين ٥٠٠٠ سنة مضت والوقت الحاضر .

وفي المناطق الهامشية للغطاءات الجليدية مثل بعض أجزاء الساحل الشرقي للولايات المتحدة وبحر البلطيق وبحر الشمال هناك مؤشرات علي أن المناطق التي لم تخضع لحمل



شكل (٦ - ٧) نموذج مبسط لأثر الجليد على مستوى سطح البحر المحلى

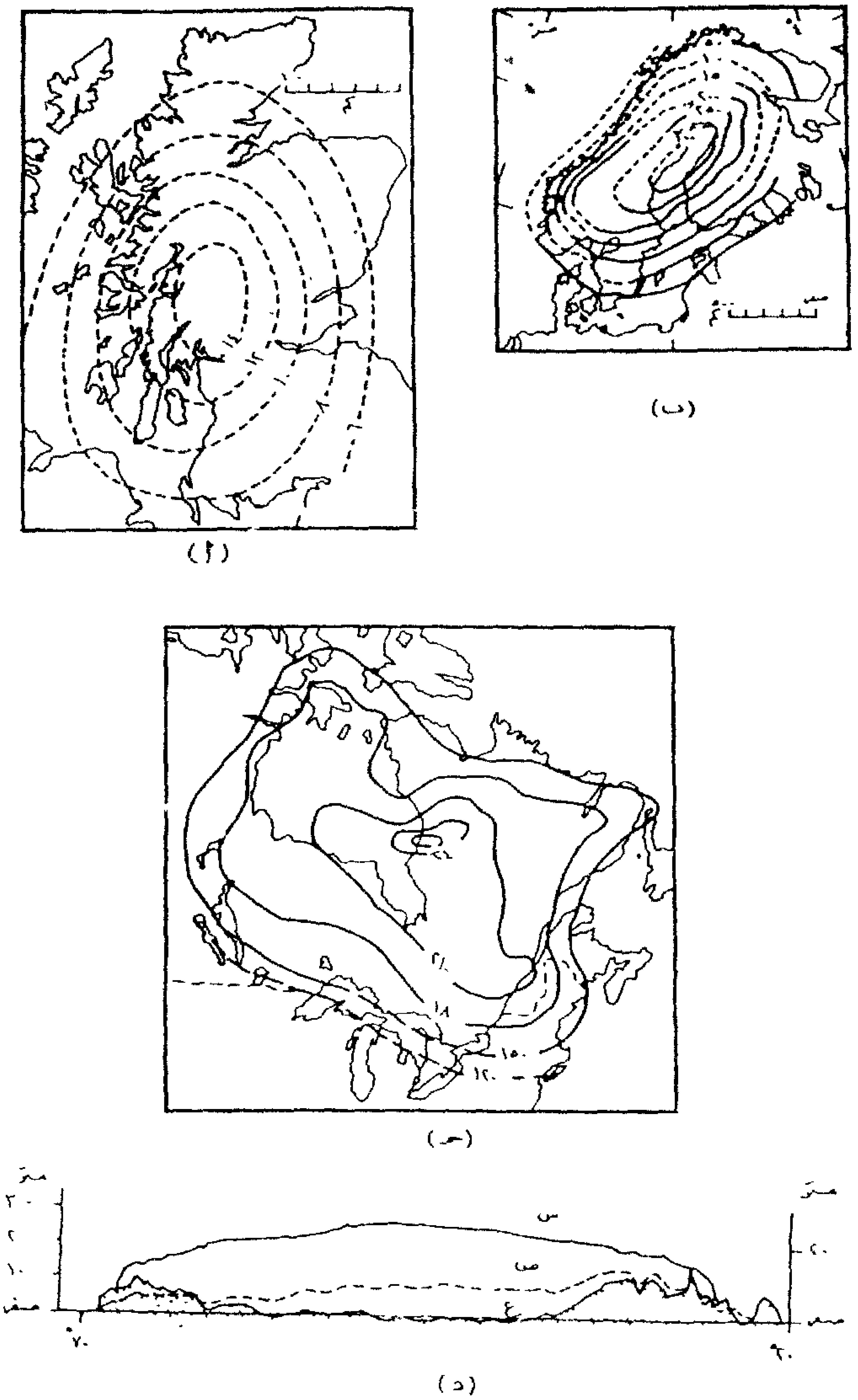
أ - الموقف خلال فترة ما بين الجليد أو قبل الجليد

ب - الموقف عند ما تطور غطاء الجليد ، وانخفض سطح الأرض أسفل الغطاء الجليدى نتيجة انتقال الكتلة من المحيطات ، ولكن الأرض ترتفع كنتوء على مسافة من الغطاء الجليدى ويرتفع الرصيف القارى نتيجة تحرك كتله المياه نتيجة لانخفاض مستوى سطح البحر .

جليـدي برزت خـلال الفـتـرات الجليـدية (Newman et al . 1971) وربما يرجع هذا إلي الازاحة الحجمية للطبقة العليا من المانتل التي تتميز ببطء حركتها ولكن هذه المناطق انهارت هامشيًا فيـمـا بعد الجليد مؤدية إلي انغمـار أكبر مما نتوقعـه من الغمر الفـلانديري الايوستاتيكي وحده (هولوسين) . وقد يرجع هذا إلي انتقال توازني لمواد ما تحت القشرة .

وفي المناطق التي كانٰ يغطيها الجليد ، فقد كانت درجة أقصي إرتفاع توازني حوالي ٣٠٠ متـر في أمريكا الشـمـالية و ٣٠٧ متـر في فينوسكانديا وأقل من ذلك في بريطانيـا (شكل٦-٨ / ا ، ب ، جـ) . ومـازالت الغطاءات الجليـدية في كل من جـرينلند وأنتـركـاتيكا تمارس ضغطًا كافيًا لخلق مستوي واضح من الانخفاض التوازني (شكل ٦-٨ د) . ويقع معظم السطح الصخري الداخلي لجرينلند تحت مستوي سطح البحر الحالي . وتشير قياسات الجاذبية وتقديرات سمك الجليد التي قامت بها بعثة Trans - Greenland إلي أنه قبل أن يؤدي الغطاء الجليدي إلي انخفاض السطح الصخري الحالي في شمال جرينلند والتي يمتد بعضها أسفل مستوي سطح البحر ، كان هذا السطح علي هيئة هضبة علي إرتفاع حوالي ١٠٠٠ مترفوق سطح البحر ، وفي حالة زوال الجليد فإن السطح الصخري سيرتفع إلي هذا المستوي مرة ثانية .

ومما يثير الانتباه كذلك ، تأثير التوازن الجليدي علي بحيرات فنلنده . فقد أصبح من المألوف أن غابات ومروج السواحل الجنوبية المنخفضة للبحيرات الفنلندية العظيمة تتحول إلي مستنقعات وسبخات بمرور الوقت بينما تميل السواحل الشمالية نحو الجفاف . وهذا التتابع ناتج عن الميل فيما بعد الجليد وله نتائجه المدهشة أحيانًا : فالفيوردات بفتحاتها نحو الشمال في خليج بوثنيا قد تحولت إلي بحيرات بالتطور . وبالمثل ، هناك الكثير من البحيرات الكبيرة كانت مخارجها في الأجزاء الشمالية منها ولكنها هي الأخري تحولت نحو الشواطئ الجنوبية تحت تأثير نفس العملية . فالأنهار التي تصرف البحيرات من الجهات الجنوبية لم يكن لديها الوقت الكافي لتعدل قطاعاتها ولهذا تظهر الكثير من المسارع والمساقط والتي اشتهرت



شكل (٦ – ٨) تأثير التوازن الجليدى على مناطق مختلفة من الأرض

(أ) خطوط تساوى معممة للسواحل الناهضة الرئيسية فيما بعد الجليد فى اسكتلندة .

(ب) درجة الانكشاف الأيسوستاتيكى (متر) فى اسكندنافيا فى ١٠٠٠ سنة الأخيرة .

(جـ) أقصى ارتداد للجزء الشمالى الشرقى من أمريكا الشمالية فيما بعد الجليد (متر)

(د) قطاع عرضى لشمال جرينلند يوضح الشكل الحالى للغطاء الجليدى (س) والسطح الصخرى (ع) والقطاع المحتمل (ص) لسطح الأرض فى حالة عدم وجود حمل من الجليد

(after Hamilton , 1958)

كمواقع لتوليد الكهرباء في هذا القرن . وفي أماكن أخري تعرضت البحيرات للجفاف نتيجة تحول مياهها، ففي شمال البلاد أدي إرتفاع الأرض كذلك إلي صعوبات واجهت سلطات الموانى حيث تعرضت الموانى للضحولة باستمرار . أما علي الجانب الذي تعرض للرفع أضيفت أرض قابلة للاستخدام ، وكان لابد من تخصيص هذه الأرض الحديثة التي انحسرت عنها المياه لملاك جدد حول خليج بوثنيا Bothnia مما دفع مدير المساحة التفصيلية الفنلندية Efraim otto Runeberg أن يفترض(سنة ١٧٦٥) أن حركات صغيرة في قشرة الأرض هي المسؤلة عن الزيادة في رقعة الأرض (Wegmann ,1969) .

أسباب متنوعة تؤدي إلي تغير المستوي محليًا :

من الأسباب الأولية التي تؤدي إلي تغير سطح الأرض بالنسبة للبحر هي عملية تكوين الجبال أو العملية التي تبني بها الجبال . والجدير بالذكرأن هناك ما يدل علي نشاط بركاني بليستوسيني وحركات أرضية في كثير من أنحاء الأرض (جدول ٦-٧ و شكل ٦-٩) وقد كتب Charles worth سنة ١٩٥٧ " أن البليستوسين شهد حركات أرضية كبيرة وقد تكون مدمرة . ويمثل البليستوسين أحد الفترات التي شهدت تصعيدًا في التاريخ التكتوني للأرض ". وإن كان وجهة النظر هذه غير مقبولة علي المستوي العالمي. وبدلا من الاعتقاد في التصعيد أو الازدياد التدريجي يري البعض أن الزمن الرابع شهد بناء جبال يشبه الفترات السابقة بينما يعتقد آخرون أن الزمن الرابع كان فترة متميزة في نشاطها حلت محل الثبات الذي يفترض أنه ساد خلال أواسط الزمن الثالث . وهذا الافتراض الأخير والذي يسمي neo - tectonic له ما يؤيده في الوقت الحالي ، ويلاحظ أن النماذج الثلاث المعروضة أعلاه تتضمن اعترافًا بأهمية الحركات البانية للجبال في الزمن الرابع (King, 1965) .

والمناطق التي تميزت بالنشاط orogenic المكثف خلال البليستوسين توجد علي هوامش الألواح التكتونية المختلفة والتي تم التعرف عليها خلال ١٥ عامًا الماضية . فالنشاط

الزلزالي والبركاني وبناء الجبال يحدث علي سبيل المثال في مجموعة من الأحزمة الضيقة المحددة تحديدًا جيدًا (شكل ٦-٩) خاصة في تلك التي تحيط بالمحيط الهادي . وعلي الجانب الآخر هناك مناطق الأرصفة القارية التي تقع بعيدًا عن هوامش الألواح والتى عانت من قلة نسبية في بناء الجبال خلال البليستوسين وتبدو علي عكس المناطق الجبلية الالتوائية التي إ رتفع بعضها لحوالي ٢٠٠٠ متر خلال ملايين السنوات القليلة الماضية.

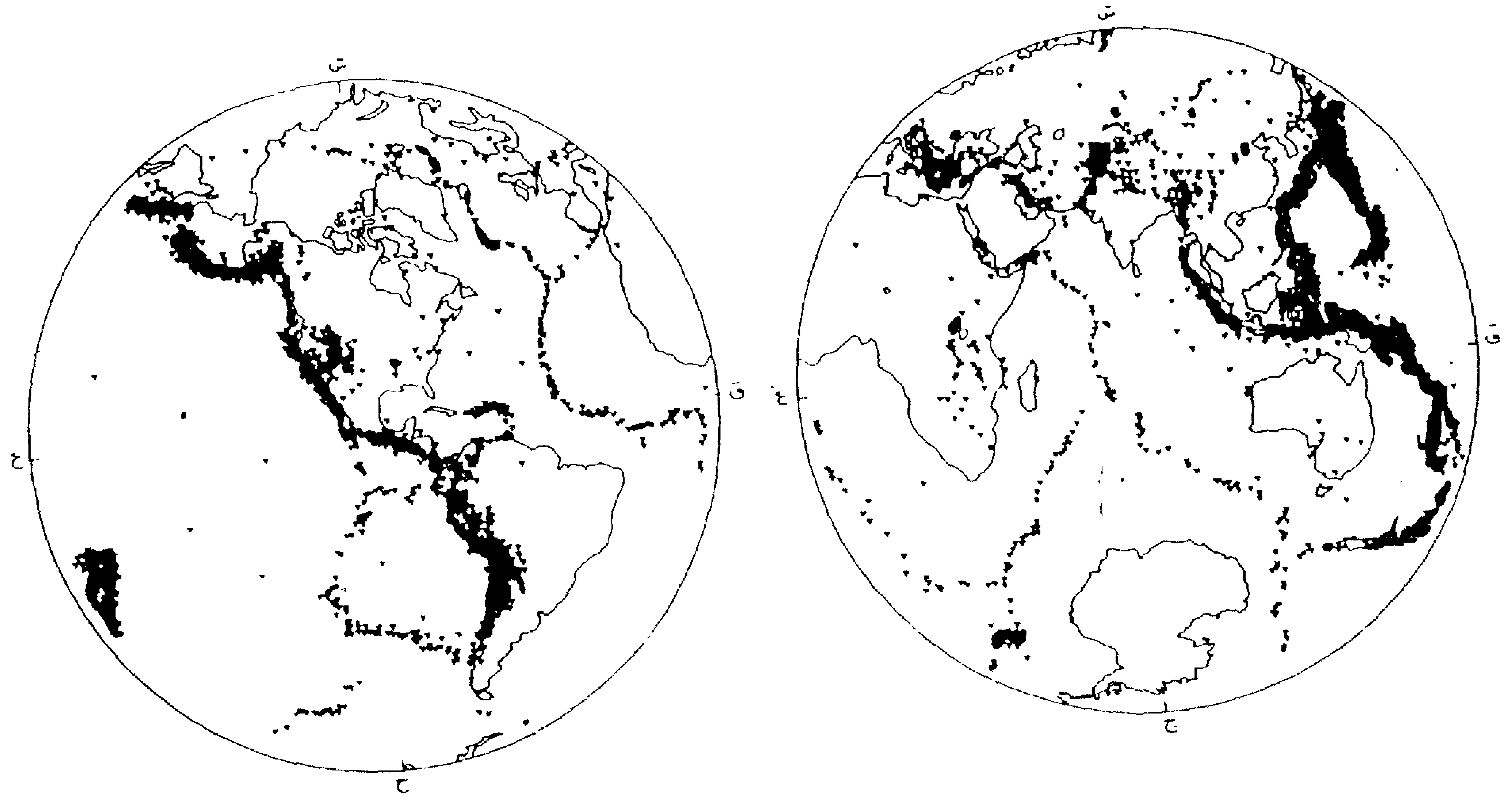
جدول ٦-٧

مناطق البراكين والرفع التكتونى فى البليوستوسين

أوربا	: اليونان ، إيجه ، فيزوف ، أثينا ، سردينيا ، قطالونيا ، الهضبة الفرنسية الوسطى ، شمال بوهيميا ، رومانيا ، سيسيل ، منطقة ايفل ، سبتزبرجن ، أيسلنده .
آسيا	: أرمينيا ، أسيا الصغرى ، القوقاز ، العراق ، شمال فلسطين ، الأردن ، الجزيرة العربية ، البحر الميت والجليل ، شمال سيبريا ، منغوليا ، منشوريا ، كوريا ، الصين ، بحر أوكستيك ، اليابان ، كوريل ، جاوه ، سومطرة ، وبعض جزر المحيط الهادى .
أمريكا	: ألاسكا ، سيرانيفادا ، الهند الغربية ، وسط أمريكا ، الأنديز .

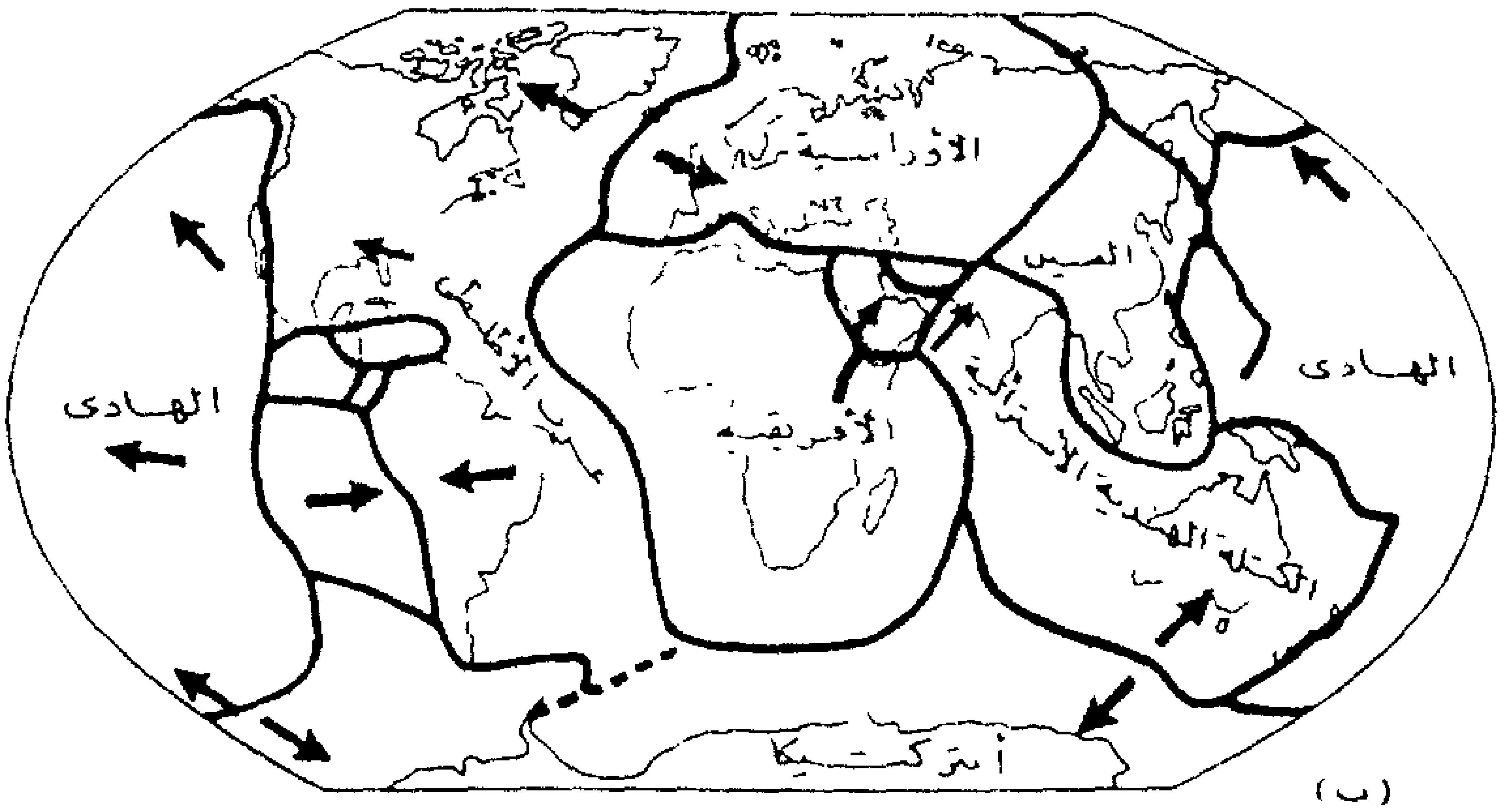
عن (Charlesworth, 1957)

وفي بعض المواقع ، وعلي نطاق ضيق ، قد يؤدي تفرطح الرواسب نتيجة ضغط المواد التي تعلوها، إلي هبوط من نوع خاص . وتتضح هذه العملية في مناطق اللبد النباتي والمواد المماثلة والتي تتميز بالمسامية المرتفعة جدًا وضعف الهيكل الاطاري . فمثلا نجد أن سبخات اللبد النباتي التي تشكل جزءًا كبيرًا في كثير من رواسب الغمر تصل المسامية بها إلي ٨٠ ٪

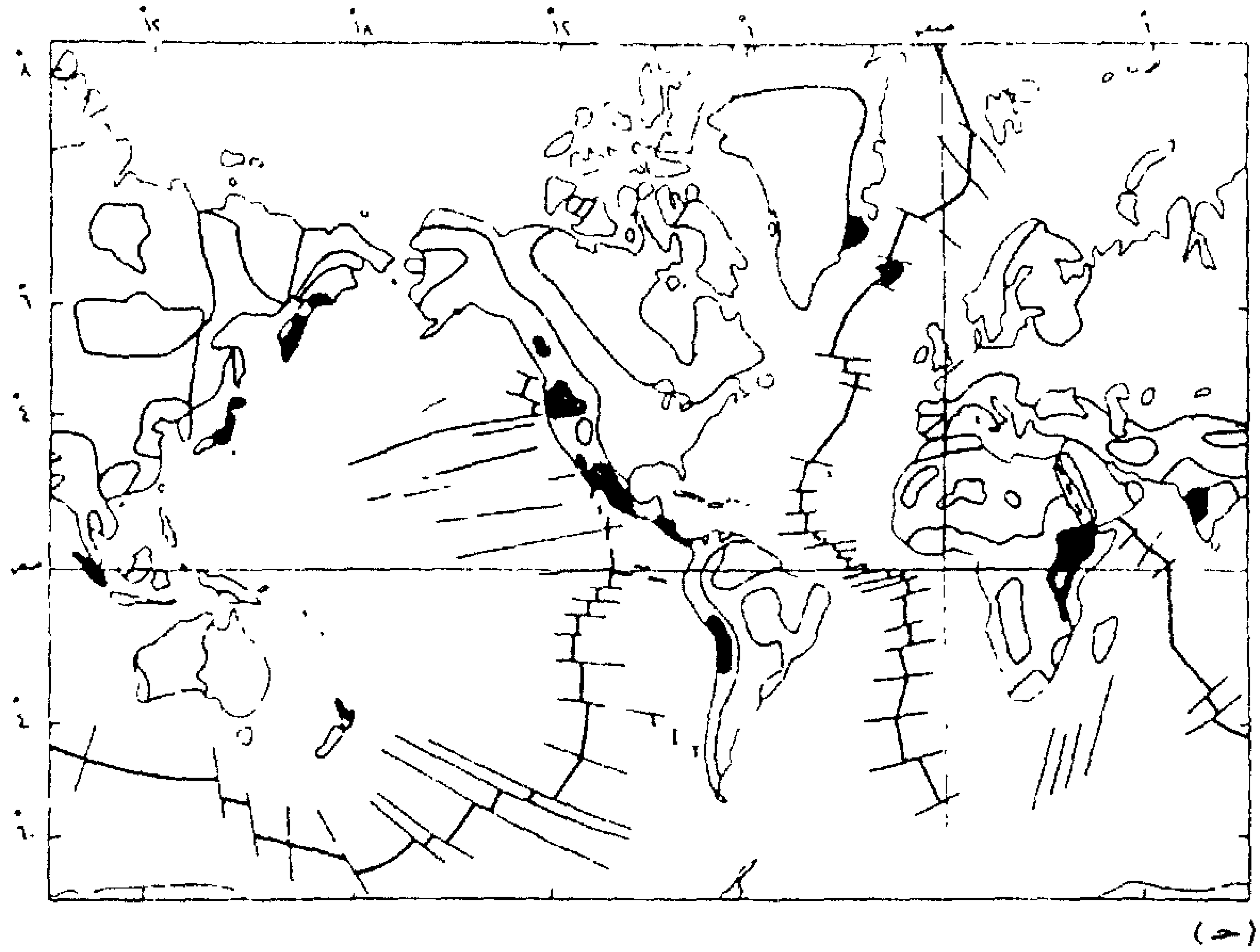


شكل (٦ - ٩) توزيع النشاط التكتونى الحالى فى العالم

(أ) توزيع الزلازل فيما بين يناير ١٩٦٥ وديسمبر ، ١٩٦٧



(ب)



(حـ)

شكل (٦ - ٩)

(ب) : المسطحات المقترحة لقشرة الأرض .

(ج) : الملامح التكتونيه الرئيسية فى العالم .

الظل الخفيف = الأرصفة القارية . الظل غير المنتظم = الدروع القارية .
الظل الداكن = سلاسل الجبال الالتوائية في الزمن الثالث .
الظل الأسود = مناطق بركانيه سينوزوية .
الخط المنقط = المنخفضات المحيطية .
الخط السميك = أخاديد نشطة للجبال المحيطية .
الخط الخفيف = فوالق محيطية .

، ومن المألوف أن تري في أي قطاع وقد تفرطح وتحول من شكله الدائري إلي شكل بيضاوي (Kaye and Barghoorn , 1964) . هذا ويقدرالهبوط الناتج عن الانضغاط لطبقات هولوسينية في هولندا بحوالى٢،٥ سم لكل ١٠٠ سنة (Veenstra, 1970) .

وكان للإنسان أثره في بعض المواقع حيث تسبب في خفض مستوي سطح الأرض بالنسبة للبحر . ولعل من أوضح الأمثلة علي هذا مدينة (فينسيا) البندقية . فهناك خطرفيضان دائم متزايد ويؤدي إلي غرق ميدان سان ماركس وأجزاء أخري من المدينة . ورغم أن الإرتفاع الايوستاتيكي الحالي في مستوي سطح البحر والهبوط المستمر في المنطقة يلعبان دورًا ، إلا أن أحد الأسباب الأولية للمشكلة هو سحب كميات ضخمة من المياه الجوفية بواسطة المجمع الصناعي الجديد علي الجانب الآخرمن بحيرة فنيتيان Venetian وقد أدي هذا إلي حدوث الهبوط (Fonts & Bortolami, 1973) .

وإذا تركنا الحديث عن الحركات البانية للجبال orogenic وانتقلنا للحديث عن الحركات البانية للقارات . فهذه لا تتضمن تعديل أو تشويه معقد نتيجة الطي أو التصدع أو الميل tilting والتجعد warping ولكنها تشمل إرتفاعات كبيرة ومنخفضات للأحواض القارية والمحيطية مع وجود تجعدات في الأماكن الهامشية المفصلية فقط.. وعلي جانب اليابس تظهر المرتفعات مؤدية إلي مدرجات كثيره منها يرجع إلي التغير الايوستاتيكي بينما يهبط الجانب البحري . وقد تأثرت القارة الافريقية بالحركات البانية للقارات علي نطاق واسع والتي ميزت تطورها حيث ظهرت سطوح تحات واسعة خلال فترات الاستقرار التكتوني يفصلها حافات شديدة ظهرت خلال فترات الرفع (King, 1962) .

وثمة تغيرات أخري في مستوي سطح البحر المحلي وكانت علي نطاق واسع نتجت عن تغير في كروية الأرض (Morner , 1976) وإن كانت الأدلة الأكيدة عن هذه العملية قليلة خلال البليستوسين .

وقد أشار Clark (1976) إلي احتمال تغيرمستوي سطح البحر المحلي نتيجة نمو

الغطاءات الجليدية البليستوسينية مثل تلك الموجودة في كندا فقد تؤدي إلي نوع من الجاذبية الكافية لرفع مستوي سطح البحر محليًا بالنسبة لليابس . وعندما يذوب الجليد ويفقد كتلته يهبط البحر نتيجة نقصان قوي الجاذبية ، ويقترح أن هذا الأثر الناتج عن الجاذبية الجليدية – المائية وحده قد يؤدي إلي وجود شواطئ مرفوعة علي إرتفاع ٨٥ متر فوق مستوي سطح البحر الحالي في خليج هدسن .

المعدلات الحالية للهبوط والإرتفاع :

تعتبر الميزانية الدقيقة والأدلة الأركيولوجية وسجلات المد والجزر من بين مصادر المعلومات التي يمكن استخدامها لتقدير معدلات الهبوط والإرتفاع الحالية (جدول ٦– ٨) والتي تعقد الصورة الايستوتاتيكية .

ومن المعروف أن من أكثر المناطق تعرضًا للهبوط هي الأحواض الدلتاوية للأنهار الكبيرة مثل الراين والمسيسيبي والرون ونهرناربادا في الهند . وكما هو الحال في التغيرات الايوستاتيكية هناك كم من البيانات التي توضح مدي التغيرالمستمر . ومن المناطق المعرضة للتغير كذلك ، المناطق البركانيةالغير مستقرة تكتونيًا كما هو الحال في بعض مناطق اليابان وجزر الهند الشرقية . كذلك كما لاحظنا من قبل ، أن المناطق الهامشية والمعرضة للإرتفاع نتيجة التوازن الحالي قد يظهر بها منخفضات توازنية.

ومن الأمثلة التي تدل علي هبوط الشواطئ وإرتفاع اليابس في المناطق الدلتاوية مايتمثل في مصاطب المسيسيبي في لويزيانا وتكساس ويزداد انحدار هذه المصاطب كلما كانت أقدم ، فنري أن مصطبة Williana تنحدر بمعدل ١,٦٨ متر/ كم ومصطبة Bentely ٦٦, – ١,٤٩ ومونتجمري ٤٧, – ٩٤, والبراري ٢٠, – ٤٥, أما السهل الفيض الحالي فيتراوح انحداره بين ٠٠٢, – ٢٦, . ونتيجة لحركة الهبوط أرسبت أكثر من ٣٠٠ متر من رواسب الزمن الرابع في هذه المنطقة .

جدول ٦ – ٨

المعدلات الحالية أو الحديثة للهبوط

المصدر	المعدل سم/١٠٠ سنة	التاريخ
Veenstra (1970)	شمال غرب ألمانيا	٢٥
Veenstra (1970)	جنوب هولنده	١٠ – ٢٠
Vennstra (1970)	جنوب الدنمارك	١٥
Tjia (1970)	طوكيو	١٠
Tjia (1970)	أوساكا	١٢
Tjia (1970)	ألاسكا	١٠٠
Vasil ev (1969	البحر الأسود	٣٠ – ٥٢,٥
kvitovic & Vanko (1971)	الكربات الجديدة	حتى ٥
Tjia (1970)	أندونسيا	٣٠
Van veen (1954)	هولنده	٢٥ (منذ ٧٢٠٠ سنة مضت)
Churchill (1969)	إيست أنجليا وكنت	٩
Coleman & Smith (1964)	جنوب – وسط لوزينا	٧,٣

جدول٦-٩

المعدلات الحاليه للحركات الرأسية المرتبطة بالنشاط الزلزالى

أ - أحداث معينه

المصدر	الموقع	الإزاحة	التاريخ
Plafker (1965)	ألاسكا	١٠-١٥ متر	١٩٦٤
Plafker (1965)	خليج Yakutat ألاسكا	١٤,٣ متر	١٨٩٩
Twidale (1971)	نيوزيلند Murchison quake	٥ متر	١٩٢٩
Twidale (1971)	أستراليا Adelaide	٥ -٨ سم	١٩٥٤
Daly (1926)	كالفورنيا	٧,٠١م	١٨٧٢
Daly (1926)	سونارا-المكسيك	٦,١٠م	١٨٨٧
Daly (1926)	اليابان	٦,١٠م	١٨٩١
Daly (1926)	الهند	١٠,٦٧م	١٨٩٧
Daly (1926)	كالفورنيا	٠,٩١م	١٩٠٦
Daly (1926)	فرموزا	١,٨٣م	١٩٠٦
Daly (1926)	المكسيك	٠,٦١ م	١٩١٢
Daly (1926)	نيفادا	٤,٥٧م	١٩١٥

(ب) الحركات الزلزالية التدريجية (معدلات متر / ١٠٠٠ سنة)

المصدر	المعدل سم/١٠٠ سنة	التاريخ
Kvitovic & Vanko, 1971	الكربات	حتى ١
Kafri, 1969	روسيا الأوربية	حتى ١٤٠٦
Dafri, 1969	إسرائيل	٦٠
Tjia, 1970	نيوزيلند	٤
Tjia, 1970	أندونسيا	٠,٢ - ١,٥
Collins & Frazer, 1971	نيوزيلند	١١ - ١٢
Collins & Frazer, 1971	اليابان	٠,٧ - ١,٦
Collins & Frazer, 1971	انكسار جارلوك (كالفورنيا)	١٠
Schumm, 1963	(كالفورنيا)	٣,٩٦ - ١٢,٨
Bandy and Maricovich, 1973	(كالفورنيا)	٥ - ٨

وعليّ المستوي المحلي ، فحركة الرفع الرئيسية قد تكون مستمرة بمعدلات قياسية نتيجة للزلازل والنشاطات المرتبطة بها . وبعض الحركات الرأسية التي تم قياسها بواسطة الميزانية الجيوديسية الدقيقة ، وطرق أخري ، لها أهمية كبيرة كمايوضح جدول ٦-٩ . وقد حدثت هذه الحركات نتيجة لحركات زلزالية منفردة وعملية أكثر عمومية للزحف الزلزالي البسيط .

وقد تم تقديردرجة تعديل التوازن التي تحدث حاليًا بتحليل بيانات حركة المد . ويمكن التعرف علي اتجاه المعدلات ، حيث توجد أدني المعدلات بعيدًا عن مراكز نمو الغطاءات الجليدية . ففي فنلنده، علي سبيل المثال ، خلال هذا القرن نجد أن المعدلات في الجنوب في محطات مثل هلسنكي وهامينا كانت أوطي بحوالي أربع مرات عن تلك المسجلة عند رأس خليج بوثنيا (جدول ٦-١٠) .

تغيرات سطح البحر في شمال أوروبا فيما بعد الجليد : التأثير المشترك للتغير الايوستاتيكي وتوازن القشرة :

عالجنا فيما سبق العوامل التي أدت الي تغير مستوي سطح البحر خلال الزمن الرابع ولكن المعالجة كانت لكل عامل بمفرده وحقيقة الأمر أن تذبذبات سطح البحر عند أي نقطة تتضمن مجموعة من العوامل المشتركة . ويتضح هذا جليا علي وجه الخصوص في حالة أقطار شمال غرب أوروبا ، حيث عمل كل من التوازن الجليدى على أسس عالمية والتوازن الجليدى على أسس محلية سويا فيما بعد الجليد ليؤديا الي هذا التتابع من تغيرات سطح البحر . وفي الحقيقة أن التغيرات الأيوستاتيكية قد ادت فيما بعد الجليد الي غمر بحري بينما أدي النهوض المرتبط بتوازن القشرة و الناتج عن وزن الغطاءات الجليدية الي انحسار بحري . ويمكن أن نري في شمال أوروبا أنماطا واضحة من الأشكال الناتجة عن هاتين العمليتين المتضادتين .

جدول ٦-١٠

المعدلات الحاليه للرفع التوازنى فى فنلده بناء على بيانات المد

المحطه	متوسط المعدل سم / ١٠ سنه
كيمى Kemi	٧,٣٧
أولو Oulu	٦.٥٣
راهى Raahe	٧,٦٣
pietarsaari	٨,٥٠
فاسا Vasca	٧,٦٠
Kaskinen	٧,٠٣
Mantyluoto	٦,٢٠
Rauma	٤,٩٣
Turku	٣,٥٣
Degerby	٤,٢٠
Hanko	٢,٧٣
هلسنكى	١,٨٣
Hamina	١,٨٠

وفي اسكتلنده كان معدل ودرجة الإرتفاع التوازني ضئيلا اذا قورن بأجزاء من سكندنافيا وكندا ، ولهذا فعندما استمر إرتفاع سطح البحر الايوستاتيكي بسرعة كبيرة (من ١٤٠٠٠ الي ٦٠٠٠ مضت علي سبيل المثال) فقد أدي الي غمر بحري مؤقت رغم الإرتفاع الأيسوستاس isostatic للأرض مما أثر علي نهوض الساحل . ولهذا نجد في أجزاء معينة من اسكتلنده خاصة اراضي Firth-clyde المنخفضة ، تراوسب بحرية متبادلة مع رواسب مياه عذبة شاملة بذلك علي سجل جيد عن تغير مستوي سطح البحر ، وقد تساعد عمليات المسح التفصيلي والتاريخ بواسطة الكربون المشع وتحليل حبوب اللقاح على وضع تصور شامل لهذا التغيير (Donner, 1970; Walton, 1966) .

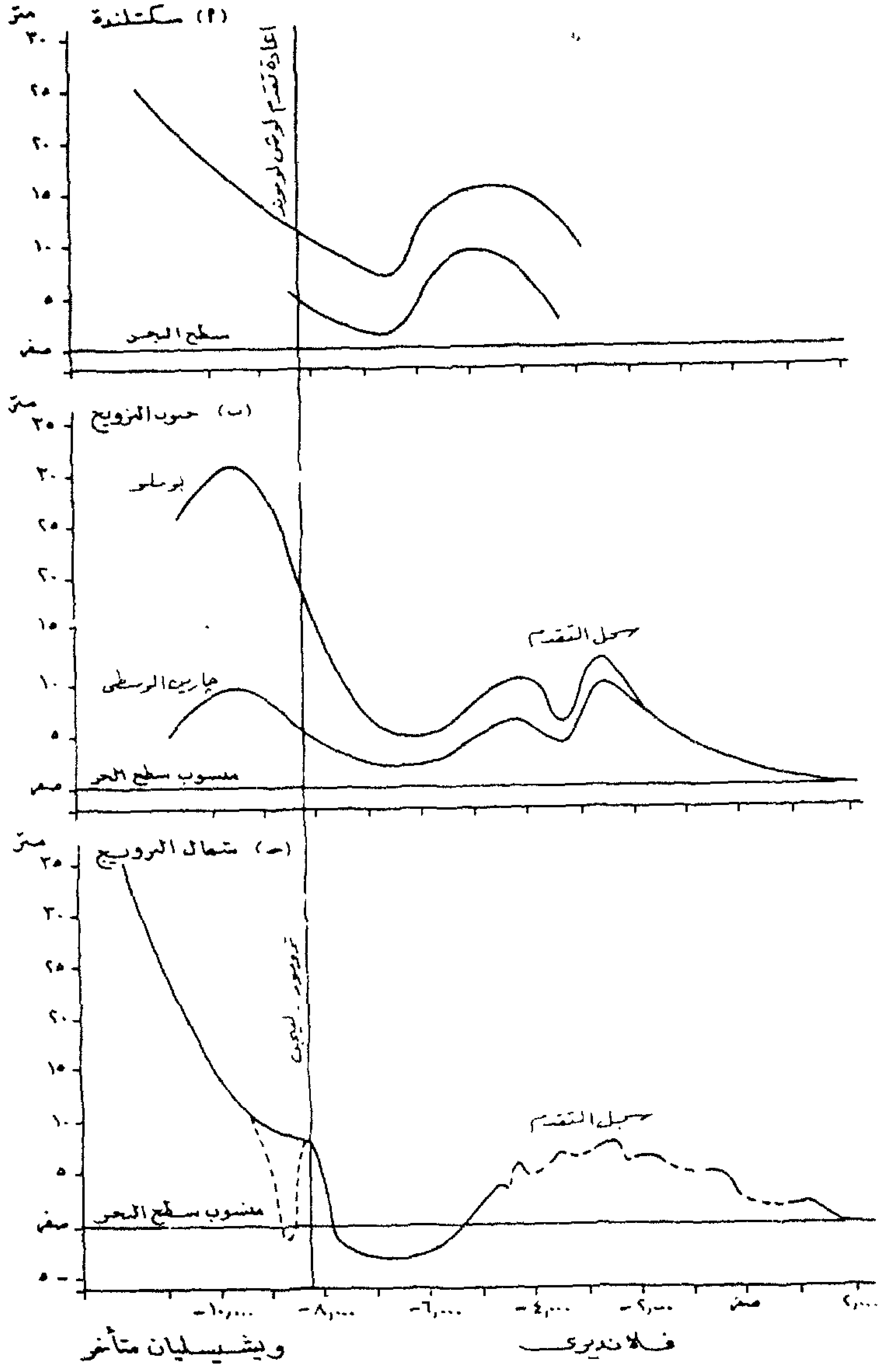
وقد تميزت أواخر فترة ويشسليان بإرتفاع في منسوب سطح البحر وغمر بحري نتيجة لوزن الجليد ، وخلال هذه المرحلة نحت البحر في كثير من الأرصفة المرتفعة . ويظهر أعلي إرتفاع لغمر أواخر فترة الوشيسليان في شواطيء مرفوعة علي إرتفاع ٣٠ - ٣٥ م فوق المنسوب المحلي لوسط اسكتلنده . وقد وصل الغمر الفلانديري الإيوستاتيكي الي قمتة (الأوج) فيما بين ٨٠٠٠ ، ٦٠٠٠ سنة مضت بعد انخفاض فيما بين ١٠٠٠٠ ، ٨٠٠٠ سنة (شكل ٦-١٠) . وخلال مرحلة التراجع التي انخفض فيها منسوب سطح البحر تكونت بعض مناطق اللبد النباتي وهي غالبا ما توجد حاليا أسفل الرواسب البحرية التي أرسبت أثناء الغمر الفلانديري ، مثل طفل canse والذي أدي الي وجود مجموعة من الشواطيء المرفوعة علي منسوب أوطي بشكل عام عن تلك التي تكونت خلال الأوج في أواخر الوشيسليان . هذا الشاطيء ما بعد الجليدي يصل الي منسوب ١٥ م في وسط اسكتلندة ، ولكن نظرا لاختلاف طبيعة التأثير التوازني فإنه يقل عن ذلك في جميع الاتجاهات بعيدا عن القمة .

وفي النرويج يتشابه نمط تغير سطح البحر فيما بعد الجليد مع ما سبق من أمثلة (شكل٦-٩) حيث توجد شواطيء تنتمي للجليد المتأخر نتجت عن أثر حمل الجليد الذي تبعة انخفاض في مستوي سطح البحر فيما بين ١٢٠٠٠ ، ١٠٠٠٠ سنة مضت ثم غمر بحري يسمي غالبا غمر Tapes في النرويج و Nucella في أيسلنده .

وثمة مثال آخر نجده في تطور بحر البلطيق يمكن أن نري فيه بوضوح تأثير تغيرات سطح البحر التوازنية والايوستاتيكية فيما بعد الجليد .

ففي قمة جليد وسيشليان منذ ١٨٠٠٠ - ٢٠٠٠٠ سنة كانت منطقة البلطيق مغطاة بغطاء جليدي ضخم ، هذا الغطاء الذي أرسب رواسب براندنبرج Brandenburg ثم ركام جليدي فوق السهل الأوروبي الشمالي وتراجع بشكل غير منتظم ، تكونت مجموعة من البحيرات الصغيرة التي سدها الجليد في الجزء الجنوبي الذي يسمي حاليا باسم البلطيق وقد ادي التحام وامتداد هذه البحيرات الي اول مرحلة رئيسية من مراحل تكون البلطيق فيما بعد الجليد وهي بحيرة البلطيق الجليدية والتي ترجع الي حوالي ١١٠٠٠ سنة مضت . ولم تكن هذه البحيرة مغلقة تماما واستطاعت ان تصل مياه المحيط المنخفضة في الهولوسين المبكر عن طريق مجموعة من القنوات من بينها واحدة في البحر الأبيض . وقد اختلف موقع هذه القنوات تبعا لتراجع أو زحف الجليد و التقبب updoming الناتج عن التوازن .

وقد ساعد التراجع الجليدي في جنوب السويد ، أن يفتح الحوض البلطيقي و من ثم تكون بحر Yoldia منذ حوالي ١٠٣٠٠ سنة واستمر لفترة أقل من ١٠٠٠ سنة . ورغم هذا فقد تعرضت منطقة الاتصال بين بحر Yoldia والمحيط عبر جنوب السويد للانغلاق نتيجة التقبب التوازني في هذه المنطقة والذي أدي إلي رفع منطقة الاتصال فوق منسوب سطح البحر . مما أدي الي تكوين بحيرة أنسيلس Ancylus مرة أخري منذ ٩٨٠٠ سنة و التي استمرت لأكثر من ٢٠٠٠ سنة وكان مخرجها خلال قناة أورسند Oresund وهي القناة التي مازالت تفصل السويد عن الدانمارك . وفي نهاية المطاف أدي الإرتفاع العالمي في مستوي سطح البحر الي غرقOresund ومن ثم تغيرت بحيرة Ancylusالي ما يسمي ببحر لترونياLittorina منذ حوالي ٧٠٠٠ سنة . وتميز هذا البحر بوجود حيوانات مياه دافئة ومياه من النوع الملحي ويبدو أنه عاصر بحر تيبس Tapes الذي أشار اليه الباحثون الاسكتدنافيون خارج حوض بحر البلطيق ، وبعد حوالى ٣٠٠٠ سنة اندمج بحر لترونيا فى



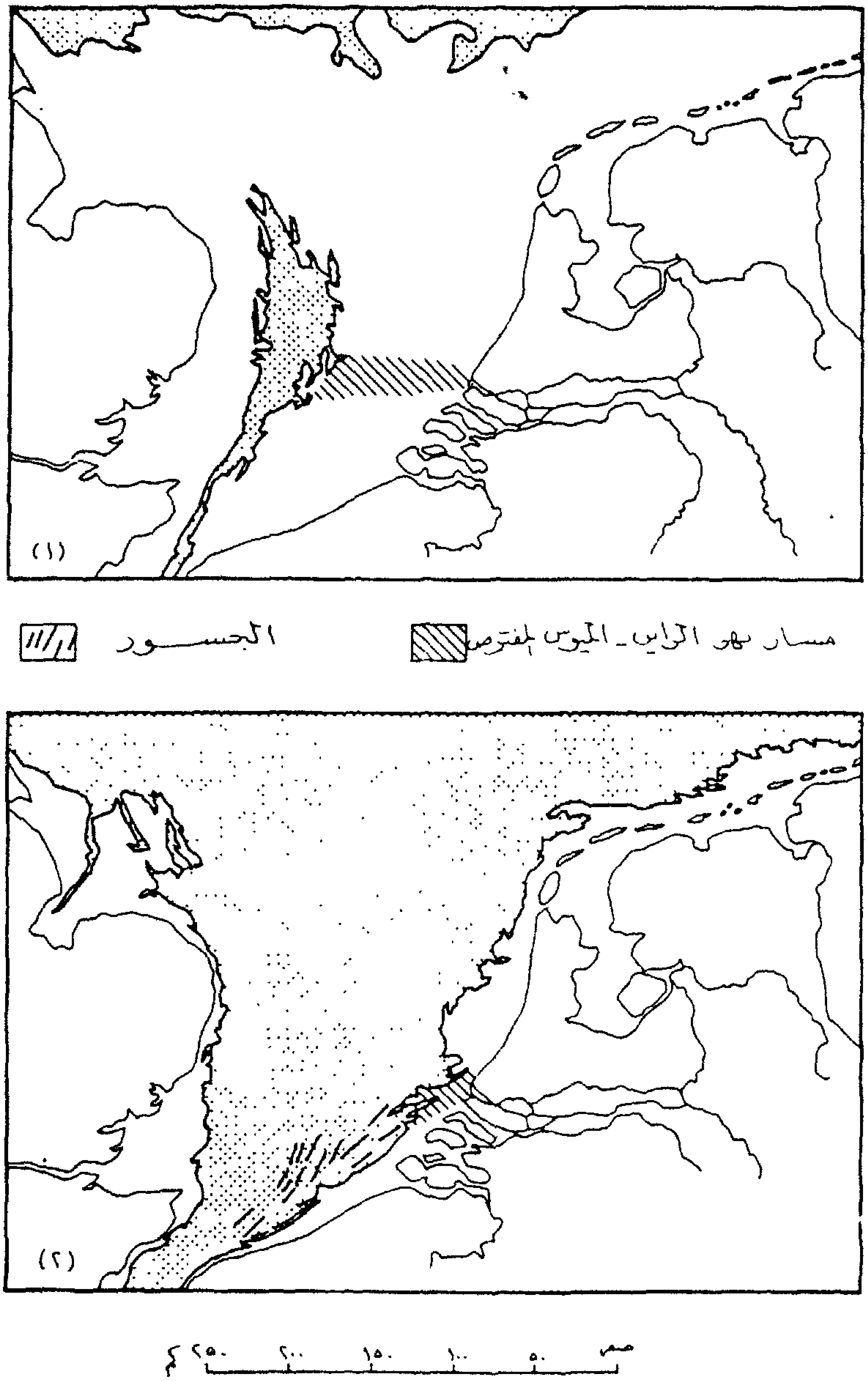
شكل (٦ - ١٠) تغيرات مستوى اليابس وسطح البحر في اسكتلنده (أ) مقارنة بجنوب النرويج (ب) وشمال النرويج (ج) كما يوضح شكل الرواسب الجليدية الرئيسية في كل منطقة .

بحر البلطيق الحالي . ورغم هذا فالأدلة الحيوانية تشير الي أنه نتيجة لانكماش مخرجه الذي أصابه التقبب أصبحت مياه البلطيق ملحية مع تقلص منطقة الاتصال المحيطية . وإذا افترضنا استمرار معدلات الرفع الحالية مع عدم إرتفاع عام في مستوي سطح البحر فان بحر البلطيق الذي تربطه بالمحيط قناة يتراوح عمقها بين ٧، ١١ متر فقط قد يتحول الي بحيرة مرة أخري في زمن يتراوح بين ٨٠٠٠ ، ١٠٠٠٠ سنة .

وبالمثل نجد ان البحر الاسود كان منذ حوالي ٩٣٠٠ سنة عبارة عن بحيرة مياه عذبة oxygenated يفصلها عن البحر المتوسط اندساس رأسي في منطقة البوسفور الحالية ، قبل ان يتحول الي بيئة بحرية anoxic كما نراه اليوم (Degens and Hecky, 1974). هذا وقد أدي اشتراك كل من الإرتفاع والهبوط الايوستاتيكي في جنوب بحر الشمال الي تطور بحر الشمال علي الصورة التي نراه عليها اليوم . ويصور شكل ٦-١١ كيف أنه منذ حوالي ٩٥٠٠ سنة كان بحر الشمال أرضا جافة الي حد كبير ولم يكن هناك جسم مائي له اعتباره في هذه المنطقة سوي مجري الي الجنوب من نهرى الراين - ميز Rhine-Meuse ولكن الموقف تغير تماما واتصل بحر الشمال بالقنال الانجليزي . وبالمقارنة بالسواحل الحالية فما زالت هناك مناطق واسعة منخفضة عند مداخل ، الخلجان الرئيسية ، ولكنها هي الأخري تعرضت للغرق عندما حل الهولوسين . هذا ، ويمكن متابعة الغمر التدريجي بدراسة تاريخ الأراضي الساحلية الأوروبية المنخفضة .

حركات مستوي سطح البحر والأراضي الأوروبية المنخفضة في الهولوسين :

ان تعاقب تغير سطح البحر و المناخ في الهولوسين كان له آثاره الواضحة خاصة علي الساحل الألماني و أراضي السبخات و المستنقعات في إيست أنجليا وسهول سومرست .



شكل (٦ - ١١) الامتداد الجنوبي لبحر الشمال خلال الهولوسين المبكر حوالي ٩٣٠٠ سنة من الآن (١) و ٨٣٠٠ سنة من الآن (٢).

وتوضح الرواسب في هذه المناطق التعاقب الذي حدث بين رواسب بحرية قليلة الملوحة brackish ورواسب مياه عذبة تبعا لإرتفاع سطح البحر وارسابات الانهار والظروف المناخية ، كان لهذه التعا قبات أثارها علي الاستقرار البشري وينعكس أثر التوزيع الحالي للرواسب الطفلية والغرينية والرملية الناتج عن التاريخ الهولوسيني المعقد بوضوح في استخدامات الأرض الحالية .

ويمكن تفهم تعقد الموقف بدراسة تاريخ المستنقعات Fens وسهول سومرست (Willis , 1961) . و في حالة المستنقعات نجد ان الصخور الجوارسية التي تكون الارضية الصخرية في المنطقة و التي تغطيها في بعض الاماكن رواسب جليدية ، كانت ماتزال فوق مستوي سطح البحر منذ حوالي ٥٥٠٠ سنة وكان التصريف النهري جيدا الي حد كبير . ثم غطت هذه المناطق غابات من شجر البلوط وقد عثر هنا علي جذع حفري يبلغ طولة ٢٠ مترا بدون السيقان . وعندما استمر منسوب سطح البحر في الإرتفاع في العصر الحجري الحديث وتدهور نظام التصريف تكون اللبد النباتي ، غطته فيما بعد رواسب من الطفل البحري (أرسبت في مياه ضحلة ملحية) سمكها حوالي ٧ متر قرب البحر وتقل عن ذلك في اتجاه اليابس وتشير تواريخ الكربون المشع لرواسب اللبد النباتي الذي يقع أسفل الطفل إلي عمر يناهز ٤٧٠٠ سنة مضت ، و لكن هذا الطغيان البحري لم يستمر طويلا حيث أن اللبد النباتي الذي يعلو الطفل يقدر عمره بحوالي ٤٢٠٠ سنة في الداخل وحوالي ٤٠٠٠ سنة قرب البحر . وقد حدث طغيان بحري ثاني أثناء فترة تواجد الرومان في بريطانيا حيث غطي الغرين طبقة اللبد النباتي السابقة (التي يقدر تاريخ قمتها ب ٨٥ سنة بعد الميلاد و ١١٠ سنه قبل الميلاد) . ويبدو أن الطغيان الثاني يتعاصر مع ذلك الذي نصادفه في سهول سومرست و هولنده . ويختلف هذا الطغيان عن سابقه في أنه لم يؤد إلي وجود بحيرات داخلية كبيرة لتملأها المياه القلية الملوحية brackish ولكنه عمل علي وجود سبخات ساحلية من الغرين وجسور نهرية طبيعية تعمقت لمسافات بعيدة . ويمكن تتبع هذه الجسور المرتفعة

في فنلندة ويطلق عليها raddons . وحتي في العصور الرومانية وبناء علي الأدلة الأركيولوجية كانت هذه بمثابة مناطق سكنية ومواقع للطرق توجد فوق مستوي مناطق اللبد النباتي . وتشير الحفريات الحيوانية وبقايا الحيتان وما شابهها من حيوانات بحرية ضخمة الي أن هذه الأنهار كانت خلجانا بحرية .

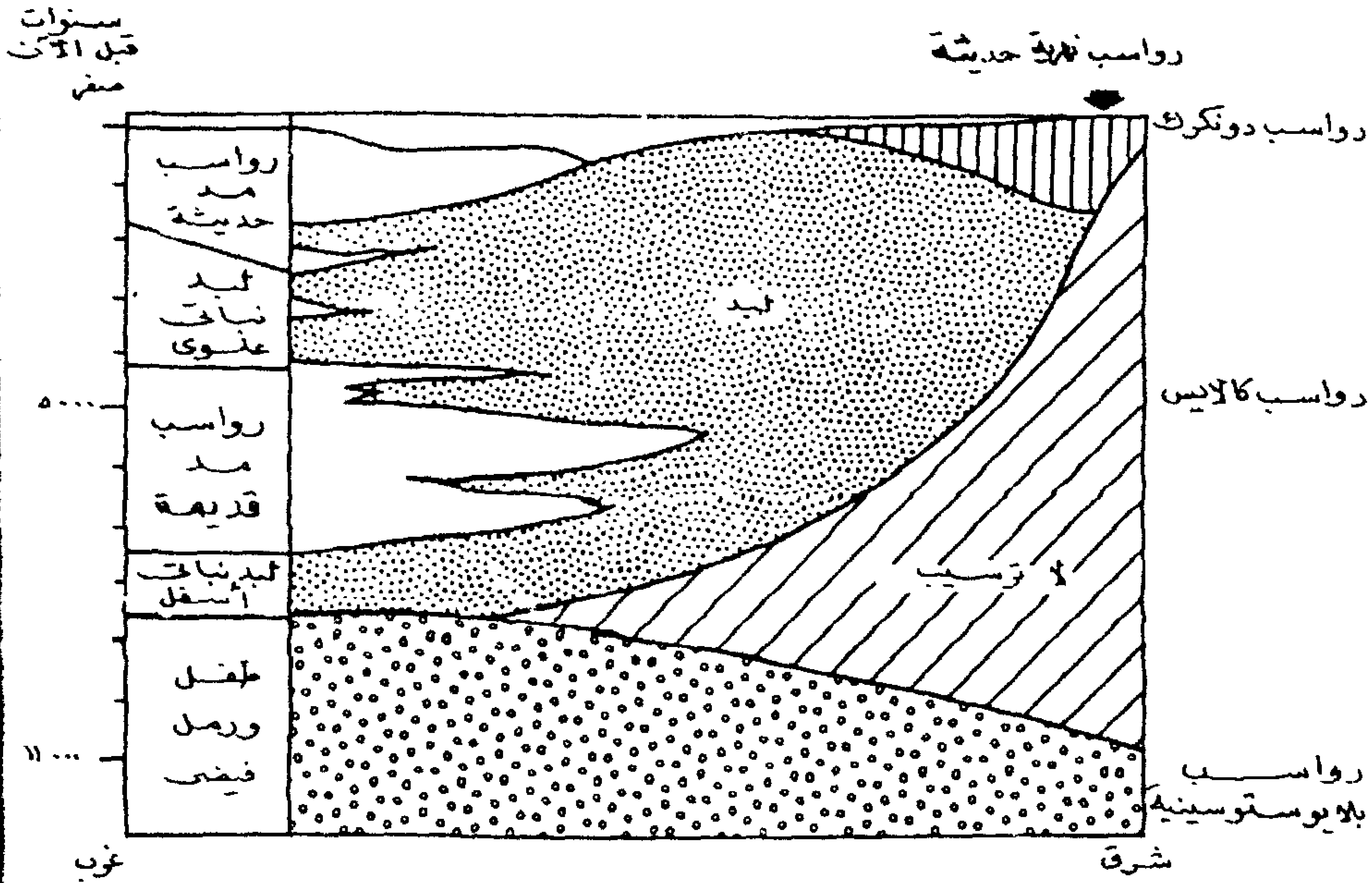
ويشير العمل الذي قامت به لجنة البحوث الفنلندية الي ان الطغيان البحري الذي حدث في عصر البرونز - الحديد في مناطق (Fens) قد يكون أحد الأسباب الأولية التي أدت الي قلة مراكز الاستقرار البشري الي حد كبير في السبخات أثناء عصر الحديد ما قبل الروماني (Phillips ,1970). وبعد حوالي سنة ٨٠ بعد الميلاد حدث انحسار بحري ضئيل يبدو أنه أدي الي ظروف جفاف في المنطقة ونهضت المسطحات الخليجية السابقة الي درجة كافية لتكون فوق المستوي الحالي . وانحسرت مياه المد نسبيا في قنوات وبين الجسور الطبيعة ، وعلي طول هذه القنوات كانت هناك أنسب الأماكن للاستقرار البشري في العصر الروماني وكانت الارض المكشوفة حديثا خالية الي حد كبير من الغابات ولم تكن هناك مشاكل تتعلق بملكية الأرض . واكثر من هذا فالرومان كانوا ذوي خبرة فيما يتعلق باستغلال هذه الموارد الهائلة في هذه المناطق الساحلية بما لديهم من خبرات سابقة في مستنقعات سهل البو وفي كثير من الدلتاوات النهرية في امبراطوريتهم . ولكن ما ان غادر الرومان هذه المناطق حتي تعرضت الانهار للاطماء وتدهورت المصارف الصناعية مما أدي إلي ظروف سيئة .

و لا يختلف التتابع في سومرست عن مستنقعات فنلنده فعند بداية التتابع حيث تكونت الأودية أثناء انخفاض مستوي سطح البحر في البليستوسين ، أظهرت عينات الآبار الإختبارية أن هذه الأودية امتلأت بطفل أزرق يميل الي الخضرة حتي مستوي البحر الحالي تقريبا ، وعلي اساس الحفريات الحيوانية يبدو أن هذا الطفل قد ارسب في ظروف مائية قليلة الملوحة brackish مرتبطة بإرتفاع في منسوب سطح البحر . هذا الطغيان الأول ، الذي حدث

قبل ذلك حدث في منطقة Fens (منذ حوالي ٥٥٠٠ سنة) تبعه فترة سادت فيها المياه العذبة تطورت خلالها أجمات من النباتات الفطرية علي السطوح الطفلية البحرية المشبعة بالمياه التي تقع أسفلها ولم يخل نمو الأجمات Bog من التذبذبات ، ففي العصر البرونزي (٣٠٠٠-٢٥٠٠ سنة تقريبا) أدت زيادة الرطوبة الي إنشاء طرق خشبية (corduroy roads) انطمرت منذ ذلك الوقت ، عبرت من احد الجزر الي الاخري (من جزيرة Brent knoll or Avalon علي سبيل المثال) وكما كان الحال في Fens كانت غارقة خلال العصر الروماني - البريطاني (منذ حوالي ٢٠٠٠ سنة) وزادت رواسب الطفل في الاودية . ولكن الي اي حد يرتبط هذا الطغيان البحري بإرتفاع حقيقي في مستوي سطح البحر ، والي أي حد يرتبط بعوامل أخري مثل المد العالي العرضي أو الأمواج الاعصارية ، هذا مجال جدال ناقشه kidson (1977) .

وشهدت هولنده تتابعا مماثلا من التراجع والطغيان البحري ، وتعتبر مواقع وخصائص الرواسب المختلفة و المتخلفة من الأهمية بمكان من حيث مظهرها الحالي واستغلالها (de Jong, 1967) . وفي مناقشتنا للظروف الهولندية يجب أن نتذكر أننا نتعامل مع حالة أكثر تعقيدا عما هي عليه في مناطق محدودة مثل Fens وسومرست وان كانت هناك أوجه الشبه موجودة في كثير من أنحاء البلاد (شكل ٦ - ١٢) .

هذا وقد صحب إرتفاع سطح البحر فيما بعد الجليد إرتفاع في درجة الحرارة ومستوي المياه الأرضية مما أدي الي خلق ظروف بيئية ملائمة لازدهار النباتات ، ولهذا احتل اللبد النباتي الرواسب الرملية والطفلية البليستوسينية في مرحلة boreal وأوائل المرحلة الأطلنطية . وقد بدأ هذا اللبد في التراكم قرب الشاطيء أولا ، ثم هناك طبقة من اللبد النباتي تقع علي مستوي منخفض في هذه المرحلة يبلغ سمكها عدة ديسيمترات وتقع علي منسوب ١٢-٢٠ متر تحت مستوي سطح البحر بعيدا عن السهول الفيضية للانهار في المناطق الشاطئية . وخلال المرحلة الأطلنطية وأوائل Sub. Boreal تأثرت بعض هذه المناطق



شكل (٦ - ١٢) تتابع رواسب الهولوسين فى هولندة .

بإرتفاع سطح البحر الذي كان يتقدم مندفعا نحو المستوي الحالي . وقد تعرضت طبقات اللبد النباتي السفلي للتغطية برواسب بحرية ورواسب مياه قليلة الملوحة ماعدا المناطق الداخلية حيث لم يظهر أثر الطغيان البحري . واستمر تكوين اللبد طالما كانت الظروف البيئية الأخري مواتية. ويطلق علي الرواسب البحرية والبحيرية التي ترجع لفترة early sub -Boreal, Atlantic اسم رواسب كاليه Calais وتتكون من طبقة دبال يطلق عليها اسم Velsen clay ورواسب رملية شبه ضحلة تسمي رواسب سهول المد القديمة (old tidal flat) .

وفي نهاية فترة Atlantic و أوائل فترة Sub-Boreal قل معدل إرتفاع سطح البحر و أدت تذبذبات القوي النسبية للعمليات البحرية والنهرية الي تقهقرات محلية تراكمت خلالها طبقات اللبد النباتي وتكونت بعض الحواجز الشاطئية وزاد النمو من خلفهم مما أدي الي جفاف البيئة الخلفية للحواجز وانخفاض الملوحة ثم توطدت رواسب اللبد النباتي الارضي مرة اخري حيث تكونت طبقة اللبد العليا وفي مناطق المياه القليلة الملوحية brackish بدأ تراكم لبد من نوع phragmites بينما وجد لبد من نوع Carex في مناطق الانسياب المائي . وتكون لبد eutrophic في المناطق المحيطة بالانهار ، أما في المناطق التي اعتمدت علي مياه الأمطار بشكل رئيسي فقد تكون فيها لبد Sphagnum .

أما المرحلة التالية من التطور في السواحل الهولندية فكانت في فترة Sub-Atlantic حيث احتلت رواسب Duinkerke محل طبقات اللبد وبعضها يرجع الي ٣٠٠ سنة ق.م أو أحدث ، بينما هناك طبقات اخري ترجع الي أواخر القرن الثالث بعد الميلاد و القرن التاسع وأحدث . وهناك احتمال أن هذه الفترة تعاصر طغيان العصر الروماني المبكر والمتأخر كما سبق أن ذكرنا بالنسبة لكل من سومرست ، Fens .

قراءات مختارة :

من حسن الحظ أن العدد الكبير من الدراسات الخاصة بتغير سطح البحر قد ضمت فى ببلوجافية معلق عليها قام بها :

H.G. Richards and Fairbridge R.W, et al . (1970) Annotated bib- - liography of Quaternary shore Lines (Supplement 1965 - 9) special Publication No. 10, Academy of Natural Sciences, Philadelpia .

ومن أعمال النقد الجيدة هذين العملين الفريدين :

Guitcher, A. (1969) Pliestocene and Holocene Sea - Level chang- - es Earth science Reviews 5, 69 - 98 .

Jelgersma, S. (1966) Sea - Level changes in the last 10000 years, - in Royal Meteorological Society International Symp. on World Climate from 8000.0 B.C.

ومن الأعمال التى عرضت للجدل المثار :

Fairbridge, R.W. (1961) Eustatic changes in Sea - Level, Physics - and chemistry of the Earth 4, 99 - 185 .

والدراسة التالية تعطى المزيد من البيانات عن طبيعة تغير مستوى سطح البحر فى مناطق مختلفة :

Guilcher, A. (1970) (ed) Symp. on the evolution of shorelines - and continental shelves in their mutual relations during the Quaternary, Quternaria 12 (entire vol.)

ثم هناك تجميع قيم للتواريخ المتاحة عن سطح البحر فيما قبل فيرم

Lalou, C. et al. (1971) Donnees geochronologiques actuelles sur - les niveaux des mers et al paleoclimatologie de l'interglaciare Riss - Wurm, Revue de Geographie physique et Geologie Dynamique 13 (5), 447 - 61 .

ومن الأعمال الجيدة الناقدة لمشاكل التأريخ والتفسير لشواطئ فترات التوقف والدفء :

Thom, B.G. (1973) The dilemma of high interstadial sea - levels - during the last Glaciation, in progress in Geography 5, 167 - 246 .

وان كانت المعلومات عن فترة ما بعد فيرم أكثر وفرة ولكن الدراسات التالية ذات صفة عامة اكثر منها محلية :

Morner, N. A. (1969) The late Quaternary of the Kattegatt Sea - and the Swedish west coast, Sveriges Geologiska Undersokning Series C. NR. 640, Arsbok 63, NR. 3 .

Godwin, H. et al. (1958) Radiocarbon dating of eustatic rise in - ocean Level, Nature 181, 1518 - 19 .

Milliman, J.D. and Emery, K.O. (1968)Sea - Levels during the - past 35000 years, Science 162, 1121 - 3 .

Flemming , N.C. (1969) Archaeological evidence for eustatic - change of sea - level and earth movements in the Western Mediterranean during the last 2000 years, Geological Society of America. Special parer 109 .

أما فيما يتعلق بأسباب تغير مستوى سطح البحر فهناك دراسة

Higgins, C. G. (1965) Causes of relative sea - level changes, - American Scientist 53, 464 - 76 .

وفى حالة الحاجة إلى دراسات تفصيلية عن طبيعة وآثار تذبذب مستوى سطح البحر فهناك دراسة

Andrews, J.T. (1970) A geomorprological Study of Postglacial - uplift with particular reference to Arctic Canada, Institute of British Geographers Special Publication No. 2 .

والدراسة التالية تعرض أهمية التذبذب الهيدروأيوستاسى

Bloom, A. L. (1967) Pliestocene Shorelines : a new test of isostasy, Bulletin Geological Society of America 78, 1477 - 94 .

Higgins, C. G. (1969) Isostatic effects of sea - level changes, in - Quternary Geology and climate, ed by H.E. Wright, 141 - 5 .

Grasty, R. L. (1967) Orogeny, a cause of World wide regression - of the seas, Nature 216, 779 .

وعن أثر الحركات التكتونية المختلفة وبناء الجبال فقد أعيد تقيمها مؤخرا وعقدت العديد من المؤتمرات والتى نشرت نتائجها ومنها :

Symposium on recent crustal Movements, Canadian Journal of - Earth Sciences 7 (2), 553 - 724 .

Recent crustal movements, ed. by B.W. Collins and R. Fraser - (1971), Bulletin Royal Society of NewZealand No. 9 .

Subsidence in south - East england (1972), Philosophical Transac- - tions of the Royal Society, London, A, 272 .

وهناك بيانات أخرى مفيدة لخصها :

Schumm, S.A. (1963) The disparity between present rates of denu- - dation and orogeny, U.S. Geological Society Professional Paper 454 - H.

الفصل السابع

أسباب التغير المناخى

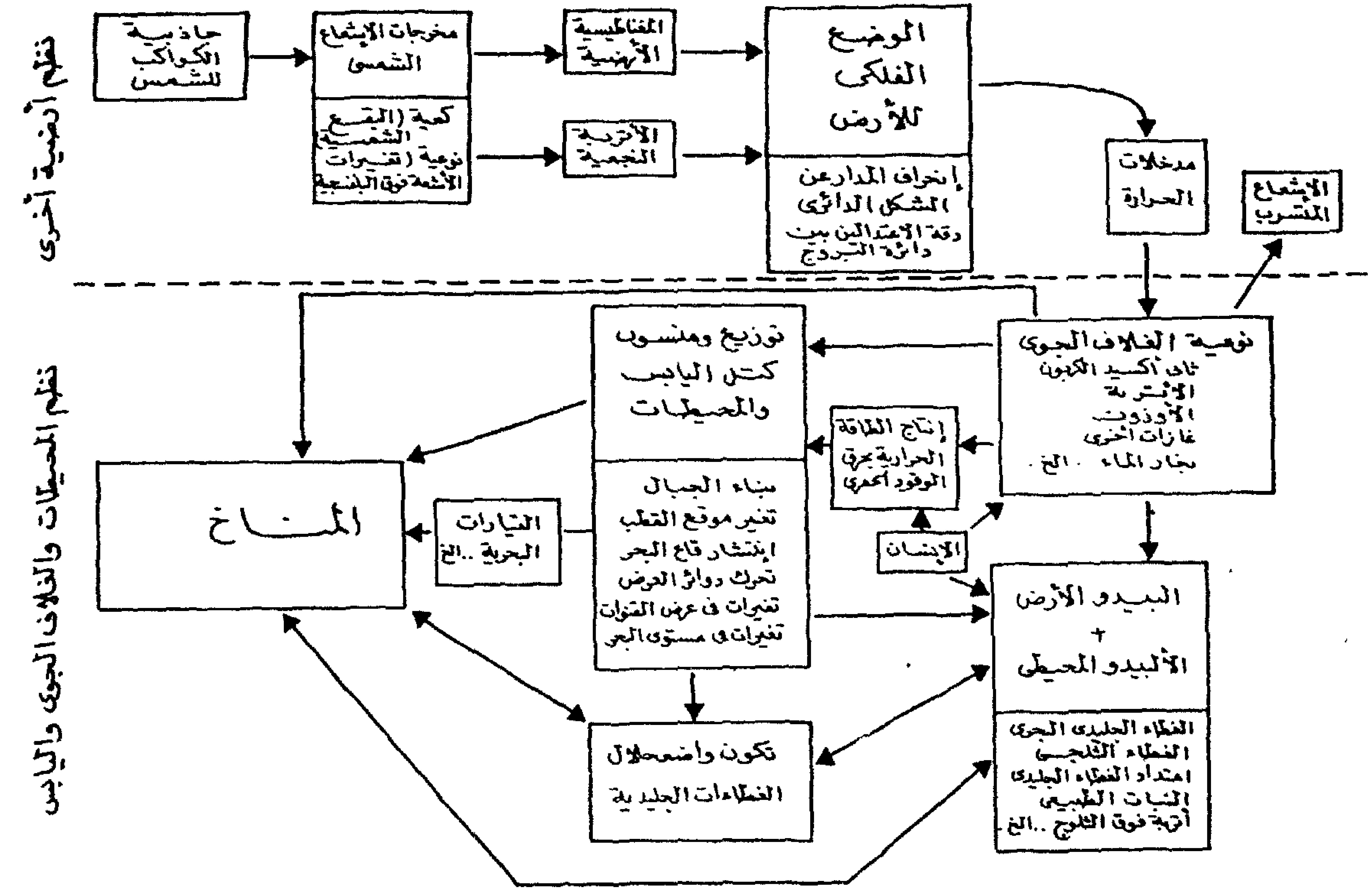
" ليس هو الحقل الذي يمكن أن يتمعن فيه الكثير من الناس بسهولة لمدة طويلة فهو في الغالب تأملي وليس هناك علي وجه التحديد نظرية صحيحة تفسر سبب حدوث العصور الجليدية ولكن هناك عدد من الأسباب الأكثر أو الأقل إحتمالا .

(Sparks and West, 1972)

مقدمة

إن التغيرات المناخية التي اتفق عليها وتم وصفها والتي كونت الاسس للتغيرات البيئية المشتركة مثل تلك الخاصة بتغير مستوي سطح البحر والتى تعرضنا لها في الفصل السابق ، قد أدت الي العديد من المناقشات حول اسبابها . ويهدف هذا الفصل الي تلخيص بعض الآراء الرئيسية التي طرحت من قبل وذلك لتاكيد تنوع العوامل المسؤولة وتوضيح الشكوك التي مازالت تحوم حول الفروض الرئيسية .

ويوضح شكل ٧-١ مجموعة العوامل التي يجب أن توضع في الاعتبار في أي محاولة لشرح التغير المناخي ويبدأ هذا الشكل الانسيابي بالسبل التي قد تؤدي الي تذبذب ما يرد الى الغلاف الجوي من اشعاع شمسى ، ولأسباب منها ، اختلاف قوى جذب المد tidal pull التي تمارسها مجموعة الكواكب علي الشمس قد تؤدى إلي تغير نوعية وكمية الاشعاع الشمسي المرتد . ووصول مثل هذا الاشعاع الي الغلاف الجوي الأرضي سيتأثر بوضع وموقع الأرض النسبى وعوامل أخرى مثل وجود أو عدم وجود أثرية ما بين النجوم .



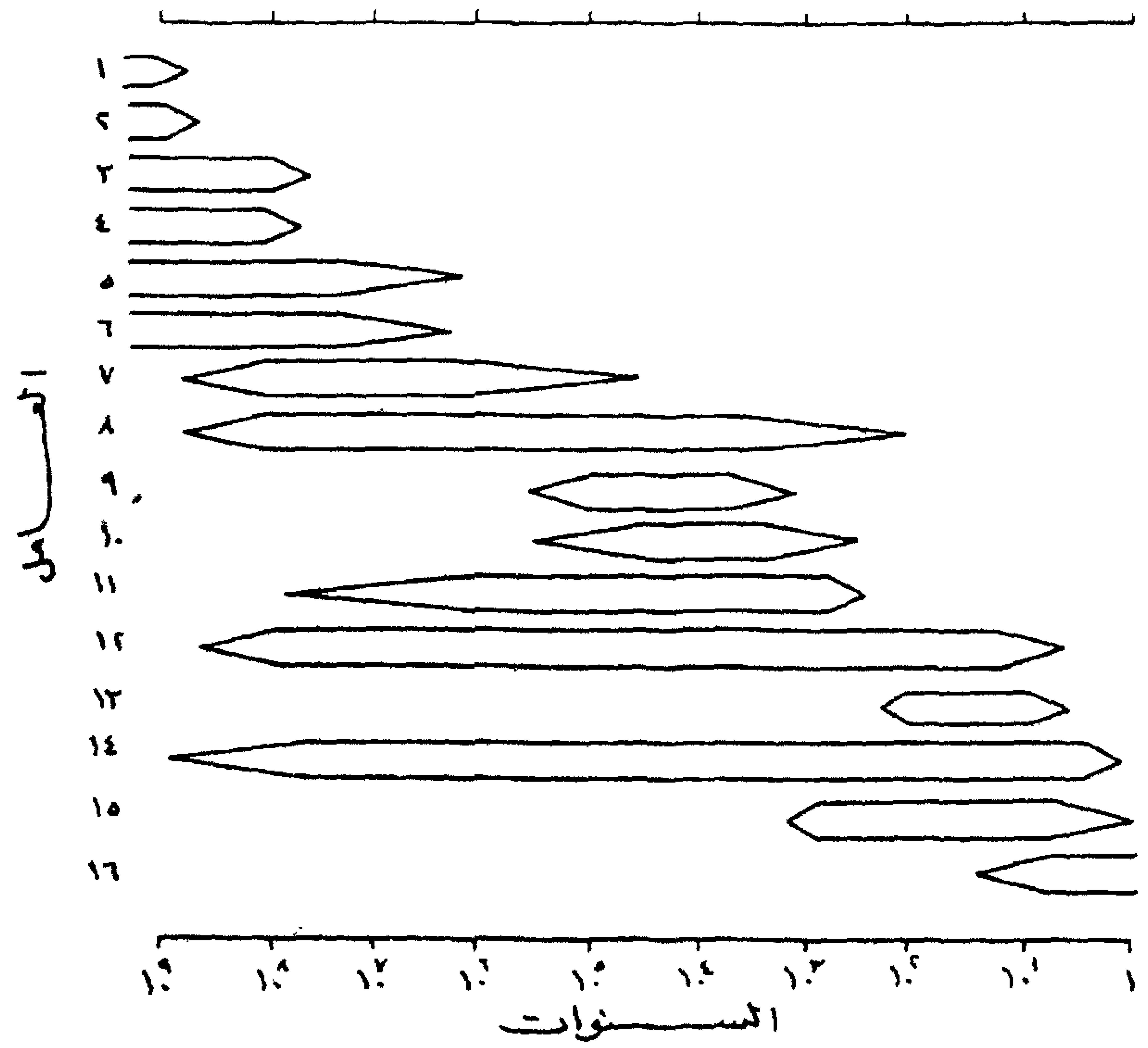
شكل (٧ - ١) رسم توضيحى لبعض العوامل التى قد تؤدى إلى التغير المناخى.

الارض النسبي وعوامل اخري مثل وجود أو عدم وجود أتربة ما بين النجوم . وعندما يصل الاشعاع الوارد الي الغلاف الجوى فان مروره الي سطح الارض تتحكم فيه الغازات والرطوبة والمواد الدقيقة الموجودة . هذه المواد قد تكون طبيعية أو من صنع الانسان . فعند سطح الارض قد يمتص او ينعكس الاشعاع الوارد تبعا لطبيعة السطح (الألبيدو) . كما أن تاثير الاشعاع الشمسي علي المناخ يتوقف علي توزيع وارتفاع اليابس و الماء . وكلاهما معرض للتغير ايضا بطرق شتي - فقد تتحرك القارات إلي أو من المناطق التي قد تتجمع فيها الغطاءات الجليدية ، وقد تنمو او تنخفض السلاسل الجبلية لتؤثر علي نطاقات الرياح العالمية و المناخات المحلية و نظام التيارات المحيطية ذات الاهمية المناخية الكبيرة قد يتحكم فيها عمق وعرض البحار و المحيطات و القنوات . و كما يوضح الشكل الانسيابي نري أن الموقف معقد نتيجة وجود حلقات التغذية المرتجعة المتباينة في المحيطات و الغلاف الجوي و اليابس وفيما بينهما جميعا .

بالاضافة إلي هذا نحتاج إلي ان نتذكر ان العوامل المحتملة التي تؤدي الي التغير المناخي تعمل علي مدي زمني واسع نو مقاييس زمنية مختلفة ، ولهذا فبعض هذه العوامل تكون اكثر ملاءمة عن عوامل أخري في فترة زمنية معينة . ويوضح شكل ٧-٢ محاولة لتوضيح ذلك بيانيا .

نظريات الاشعاع الشمسي :

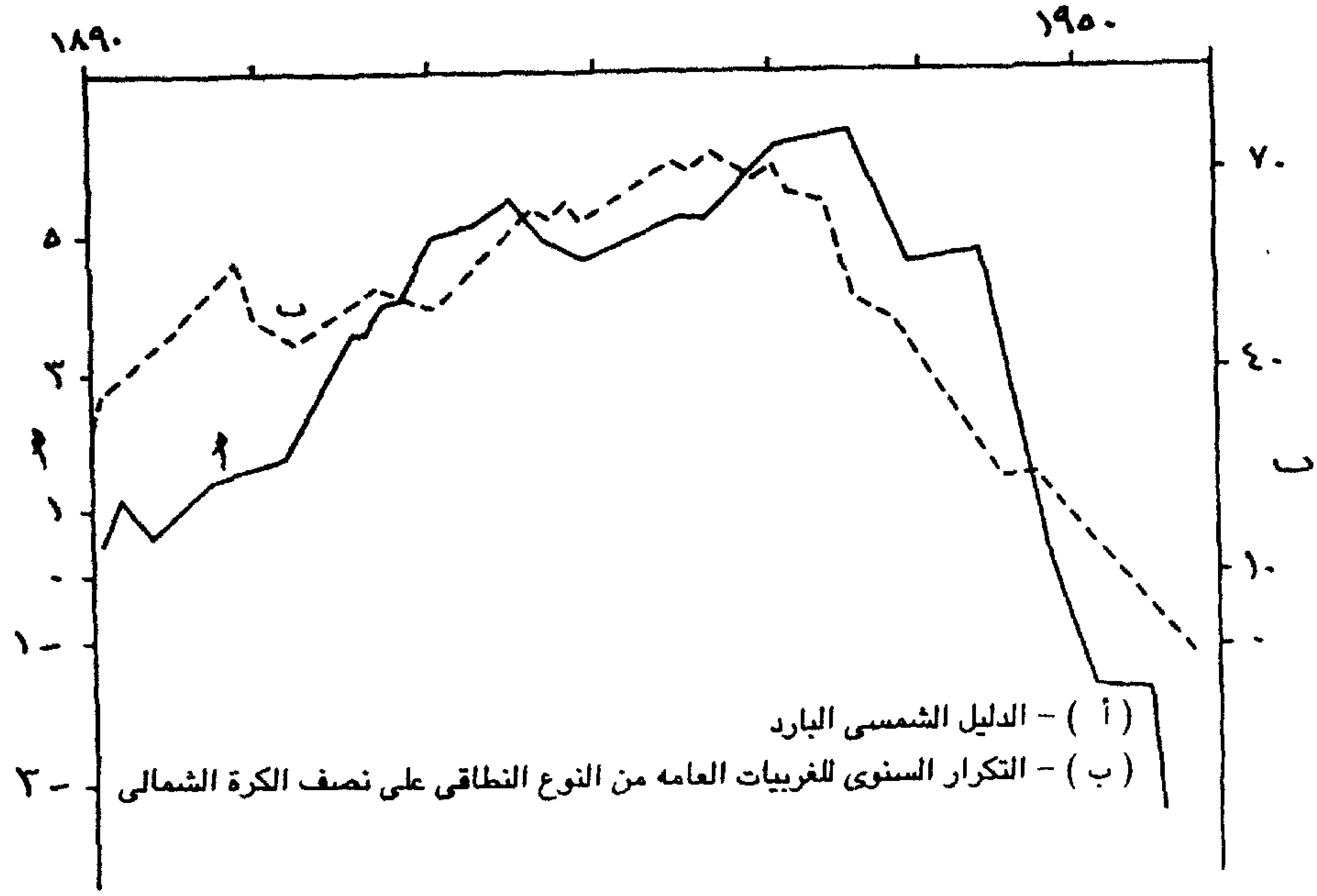
يوضح الشكل الانسيابى أن التغيرات في مردود out put الاشعاع الشمسي قد تؤدي الي تغيرات هامة فيما يصل سطح الارض من اشعاع شمسي . وقد تم بالفعل التوصل الي ان كمية الاشعاع الشمس تتغير (نتيجة الكلف الشمسي مثلا) كما يتغير فى نوعه (بتغير مدي الاشعة الفوق بنفسجية للطيف الشمسي).



١ - تطور الشمس
٢ - موجات الجاذبية فى الكون
٣ - تراب المجرات
٤ - حجم ومكونات الهواء
٥ - تغير موقع القطبين
٦ - تزحزح القارات
٧ - بناء القارات ورفعها
٨ - ثانى أكسيد الكربون فى الجو
٩ - مدار الأرض
١٠ - التغذية المرتجعة بين الهواء ، البحر ، الجليد
١١ - دورة المحيط
١٢ - الاختلاف الشمسى
١٣ - ثانى اكسيد الكربون فى الجو (حرق الوقود الحفرى)
١٤ - التراب البركانى فى الجو
١٥ - التغير الذاتى بين المحيط والغلاف الجوى
١٦ - التغير الذاتى للغلاف الجوى

شكل (٧ - ٢) العوامل المحتمل تأثيرها على تغير المناخ والمقياس الزمنى المتوقع للتغير (after : Mitchell , 1968 .)

وقد اتفق كثير من الدارسين علي دورات النشاط الشمسي للفترات القصيرة (Meadows , 1975) واتفقت الاغلبية علي ان هذه الدورات قد تكون كل ١١ أو ٢٢ سنة .أما دورة البقع الشمسية فقد تكون كل ٨٠ أو ٩٠ سنة وخلال فترة التسجيل الآلي التي ناقشناها في الفصل الخامس ، لاحظ بعض الدارسين ان هناك ارتباط بين نشاط الكلف الشمسي وامطار شرق افريقيا و مستوي البحيرات . و رغم هذا ففي بعض الأحيان ينهار هذا الارتباط فجأة بينما لا يكون للارتباطات الأخري أية دلالة إحصائية . و مع ذلك ، فبعض الارتباطات الاكثر دلالة قد يكون لها قيمتها في التنبؤ . فمثلا قامStrongfellow سنة ١٩٧٤ بتوقيع المتوسط المتحرك لسقوط الضوء لكل خمس سنوات في بريطانيا مقابل المتوسط السنوي لعدد مرات الكلف الشمسي فيما بين ١٩٣٠ ، ١٩٧٣ م فوجد ان هناك ارتباطا قدره ٨. ٠ وقد توصل الي ان الدورة تبلغ ١١ عاما مع تدني ضوئي في ١٩٧٣ كما وجد ان الاشعة الضوئية أحد العوامل الطبيعية الرئيسية التي لها علاقة بانتقال القوي الكهربائية في المملكة المتحدة ، ومثل هذه العلاقة قد تساعد الجهات المسؤولة في تخطيط عمليات الصيانة . وعلي مستوي اقل خطورة فقد وجد ان هناك ارتباطا جيدا بين نشاط الكلف الشمسي و نتائج المباريات الرياضية . فقد توصلت king, (1973) إلى ان البيانات الموجودة في Wisden يمكن استخدامها لتوضح ان من بين ٢٨ مباراة للكريكت استطاع فيها اللاعبون تسجيل ٣٠٠٠ ضربة في موسم في انجلترا ، كان هناك ١٦ مباراة في أوج و أدني كلف شمسي ، وفى الخمس سنوات التي حدثت فيها هذه الظاهرة النادرة اكثر من مرة كانت سنوات أوج أو أدني كلف شمسي . و بالمثل من بين ١٥ مباراة كانت هناك ١٣ مباراة استطاع ضارب الكرة ان يسجل ١٣٠٠٠ ضربة أو اكثر في موسم أو سنة كانت سنوات أوج أو دنو الكلف الشمس . وعليه نجد ان مباريات الكريكت المتميزة توجد في اوقات شذوذ الطقس التي تحدث في دورات كلف شمسي شاذة .



شكل (٧ - ٣) منحنيات باور (Baur) الشمسية

(عن Lamb 1969)

ورغم أن دور التغيرات في النشاط الشمسي قد هوجمت كثيرا ، خاصة فيما يتعلق بالدورات فقد تم التوصل الي ارتباطات قوية بين تغيرات النشاط الشمسي و بعض الخصائص الرئيسية للدورات الجوية العامة . و يوضح شكل ٧-٣ علي سبيل المثال تشابها واضحا في النزعة بين دليل Baur's الشمسى و التكرار السنوي للنطاقات الغربية العامة في نصف الكرة الشمالي ، مع زيادة عامة في كل من العاملين من ١٨٩٠ حتي الثلاثينات من القرن الحالي ، ثم نقص سريع في كليهما في الستينات . و يشير هذا إلى أن جزءا من التغيرات المناخية في القرن العشرين يمكن ارجاعه الي مردود الطاقة الشمسية عند المصدر . كما قد تكون هناك عوامل أخري لها أهميتها .

و علي مدي الفترات الزمنية الطويلة يكون في غاية الصعوبة أن نقول أن المردود الشمسي من الاشعاع قد تغير بما يكفي للتأثير علي مناخ الأرض و ذلك لنقص الأدلة

الجوهرية . و علي الرغم من ذلك فهذا افتراض محتمل وله ما يؤيده . وبعض الأدلة التي تؤيده تأتي من دراسات علي تقلب في تركيز C14 الجوي والذي يعتمد بدوره جزئيا علي التغير في انبعاث الاشعاع الشمسي . حيث ان مستوي C14 قد تذبذب خلال الهولوسين ، وقد جادل كل من karlen, Denton (١٩٧٣) ان الفترات الرئيسية التي يزداد فيها نشاط C14 تتعاصر مع فترات امتداد الجليد الحديث بينما تتعاصر فترات هبوط نشاط C14 مع فترات الانكماش الجليدي. وبالمثل ،اقترح Bray (1970) ان جليد الهولوسين كان دوريا لحوالي ٢٦٠٠ سنة ، وان تواليا حسابيا يبدأ ب ٢٢ سنة (دورة كلف شمسي كاملة) وبدوره أولي من ٤ تكون تتابع ٨٨٤٤٠ ، ٢٦٤٠ سنة . وباستعمال التحليل الطيفي لعينات جليد لبية من Camp Century في جرينلند ، إدعى دارسون آخرون وجود دورات طويلة منتظمة يمكن مضاهاتها بشكل عام بدورات Bray ٧٨ ، ١٨١ ، ٤٠٠ ، ٢٤٠٠ سنة و يرجعونها ايضا الي تغير النشاط الشمسي (Jhonson, et al ١٩٧٠ .

و لا زالت الاسباب التي تؤدي الي تغير النشاط الشمسي غير مفهومه تماما ، و لكن أحد الاسباب المحتملة التي تؤدي الي اختلاف وصول الاشعاع الشمسي علي سطح الارض هو وجود سحب من مواد دقيقة فيما بين النجوم (السديم) والتي قد تمر الارض خلالها من وقت لآخر أو قد تتواجد فيما بين الارض و الشمس . وتؤدي هذه الي تناقص وصول الاشعاع الشمسي . وبالمثل فان مرور المجموعة الشمسية خلال ممر ترابي يحيط بالذراع اللولبي لمجرة اللبنة قد يسبب تغايرا في الاشعاع الشمسي و من ثم يؤدي الي فترة جليدية علي الارض (Mc Crea , 1975) .

و ثمة سبب آخر للتغاير الاشعاعي الشمسي اقترحه Opik (1958) و ان كان لا يمكن ان نؤيد او نرفض هذا الرأي في الوقت الحالي . و يقترح الدورة النظرية الآتية للنشاط الشمسي . في البداية يوجد وضع عادي للنوع المسؤول عن المناخات الدافئة نسبيا علي الارض . و بمرور الوقت تتبقي المعادن التي تنتشربيطء نتيجة لانتشار الهيدروجين من

الغطاء الشمسي الي نواتها . وتتراكم هذه المعادن لتكون حاجزا للاشعاع من النواة و الاحتفاظ بحالة من الثبات و تنكمش الشمس . ومع ذلك ، فعندما يسخن الحاجز المعدني تتولد تيارات الحمل و تكبر النواه جدا . و هذا يعمل علي زيادة الهيدروچين و بذلك يتزايد انتاج الطاقة . و انتاج الحرارة يكون بشكل لا يمكن نقلة علي نحو كاف الي السطح : و لهذا تتمدد الشمس . وأثناء التزايد تستهلك الطاقة ومن ثم تتناقص الحرارة والضوء الناتجين من الشمس مما يؤدي الي قلة الاشعاع و زيادة البرودة علي الارض . و مع ذلك فإن التمدد يخفض درجة حرارة النواة و كمية الطاقة الناتجة و من ثم تنكمش النواة ثم ترجع الشمس الي وضعها العادي مؤدية الي رفع درجة الحرارة نسبيا علي سطح الارض .

التغير المناخى و الاختلافات في المغناطسية الأرضية :

ظهرت في السنوات الاخيرة الكثير من البحوث عن العلاقة بين التغيرات في شدة المجال المغناطيسي الارضي و التغيرات المناخية و مازالت هذه الاعمال في مراحلها المبكرة ، ورغم ذلك فهناك بعض العلاقات الوطيدة بين الحرارة و الشدة المغناطيسية التي أمكن التوصل إليها علي مدي يتراوح بين ١٠ سنوات و ١,٢ مليون سنة فعلي سبيل المثال توصل Wollin و زملاؤه ١٩٧١ ، ١٩٧٣م أنه خلال الفترة من ١٩٢٥ الي ١٩٧٠ تناقصت القوي المغناطيسية و ذلك بناء علي ملاحظات في المكسيك و كندا و الولايات المتحدة ، وفي نفس الوقت ارتفعت درجة الحرارة ، و بالمثل ، فهناك ملاحظات في كل من جرينلند و سكتلندة و السويد و مصر أثبتت أن القوي المغناطيسية تزداد في المناطق التي تزداد برودة ، أي أن هناك ارتباط عكسي شديد بين التغيرات في المجال المغناطيسي الارضي و المناخ (شكل ٧-٤).

و تفسير هذه العلاقة غير واضح . فمن المحتمل ان المجال المغناطيسي الارضي يتغيرإستجابة لتغيرات النشاط الشمسي و أن كل من المناخ والمغناطيسية الارضية مقترنان معا في استجابتهما للأحداث الشمسية (Wollin et al ., 1974) وإذا كان الوضع

كذلك فلا تكون المغناطيسية سببا بسيطا وذات علاقة مؤثرة على المناخ . و علي الجانب الآخر ، فمن المحتمل ان المغناطيسية قد تعدل المناخ لدرجة ما نظرا لقدرة المجال المغناطيسي الأرضي الي حد ما علي تكوين درع ضد خلايا الاشعاع الشمسي .

وعلى هذا الاساس يمكن القول إن هناك علاقة بين هاتين الظاهرتين وان كان سبب هذه العلاقة غير واضح حتى الان .

نظريات موقع الكرة الأرضية من الشمس :

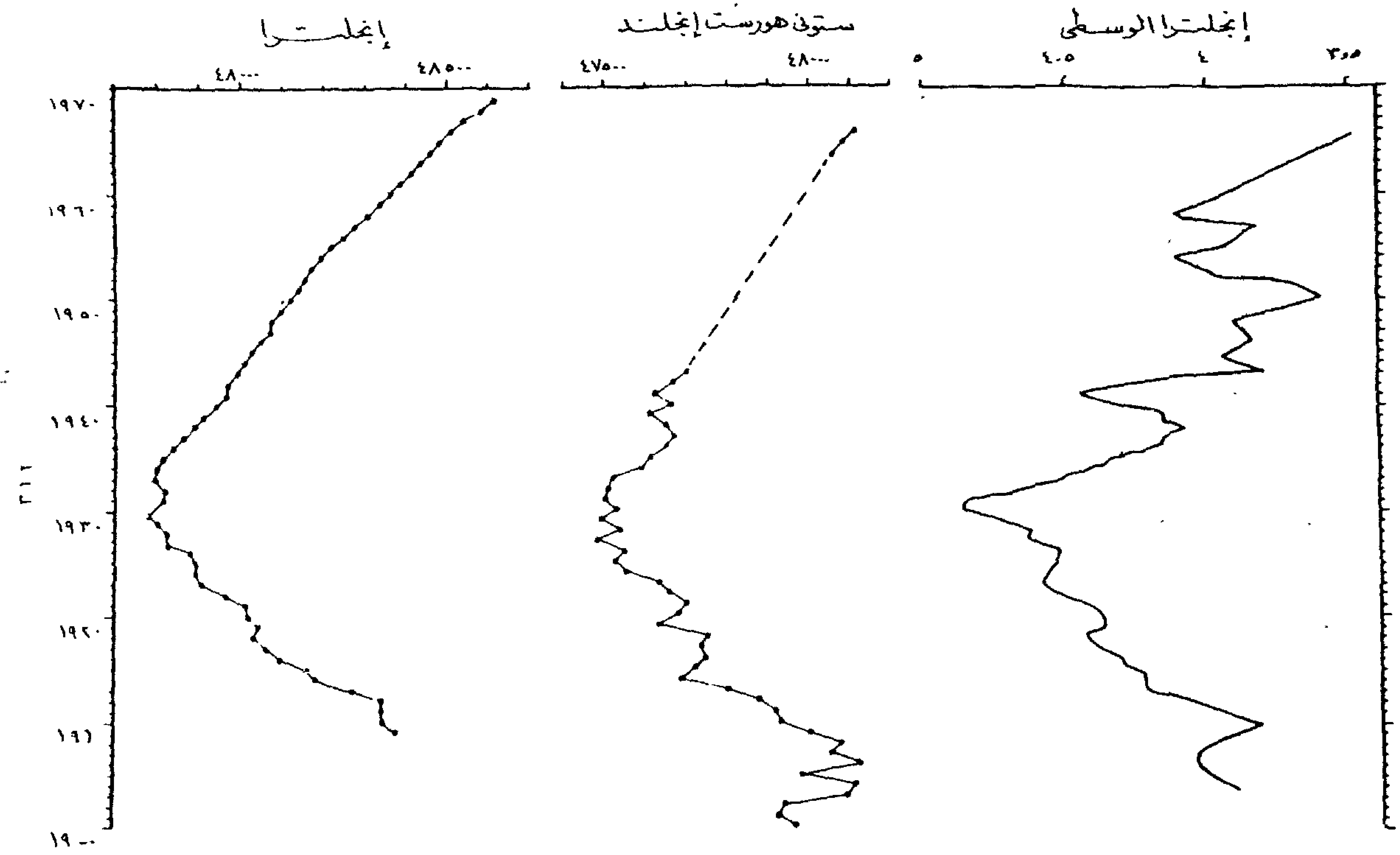
- افتراض كرول - ميلانكوفتش Croll - Milankovitch :

بالرجوع الي شكل ٧ -١ ، نري انه من المنطقي ان نفترض انه اذا كان موضع الارض و شكلها كأحد الكواكب و علاقته بالشمس عرضة للتغير فكذلك يكون الإشعاع الشمسي عرضة للتغير و تحدث مثل هذه التغيرات المناخية نتيجة ثلاثة عوامل فلكية رئيسية أمكن تحديدها يحتمل ان تكون ذات أهمية ، و الثلاثة عوامل تحدث بشكل دوري (شكل ٧-٥) فالتغيرات في المركز الهندسي لمدار الارض (دورة كل ٩٦٠٠٠ سنة) و دقة الاعتدالين equinoxes (دورة كل ٢١٠٠٠) و التغيرات في ميل الحركة الظاهرية للشمس (الزاوية المحصورة بين سطح مدار الارض و سطح دوران خط الاستواء) و الذي يتم في دورات كل ٤٠٠٠٠ سنة .

و مدار الارض حول الشمس كما نعرف ليس دائريا تماما بل اهليلجي فاذا كان المدار دائريا تماما فكان لابد ان يتساوي طول الصيف والشتاء . و كلما زاد انحراف المدار كلما زاد الفارق بين طول كل من الصيف والشتاء . و علي مدي ٩٦٠٠٠ سنة قد يستطيل مدار الارض ليميل نحو الشكل البيضاوي ثم ينعكس مرة ثانية ليعود الي الشكل الدائري تماما .

و دقة الاعتدالين يعني بها ببساطة تغير الوقت الذي يزداد فية اقتراب الارض من الشمس خلال السنة . و السبب في ذلك أن الارض تدور حول محورها بصفة مستمرة .

و اللحظة التي تقترب الارض من الشمس تكون في يناير ، في بحر ١٠٥٠٠ سنة ستكون هذه اللحظة في يوليو .



شكل (٧ - ٤) منحنيات الكثافة المغناطيسية على أساس المتوسط السنوى مقارنة بالمتوسط المتحرك لكل عشر سنوات لدرجة حرارة الشتاء لوسط انجلترا (١٩٠٠ - ١٩٧٠) .(From Wollin et al . 1974)

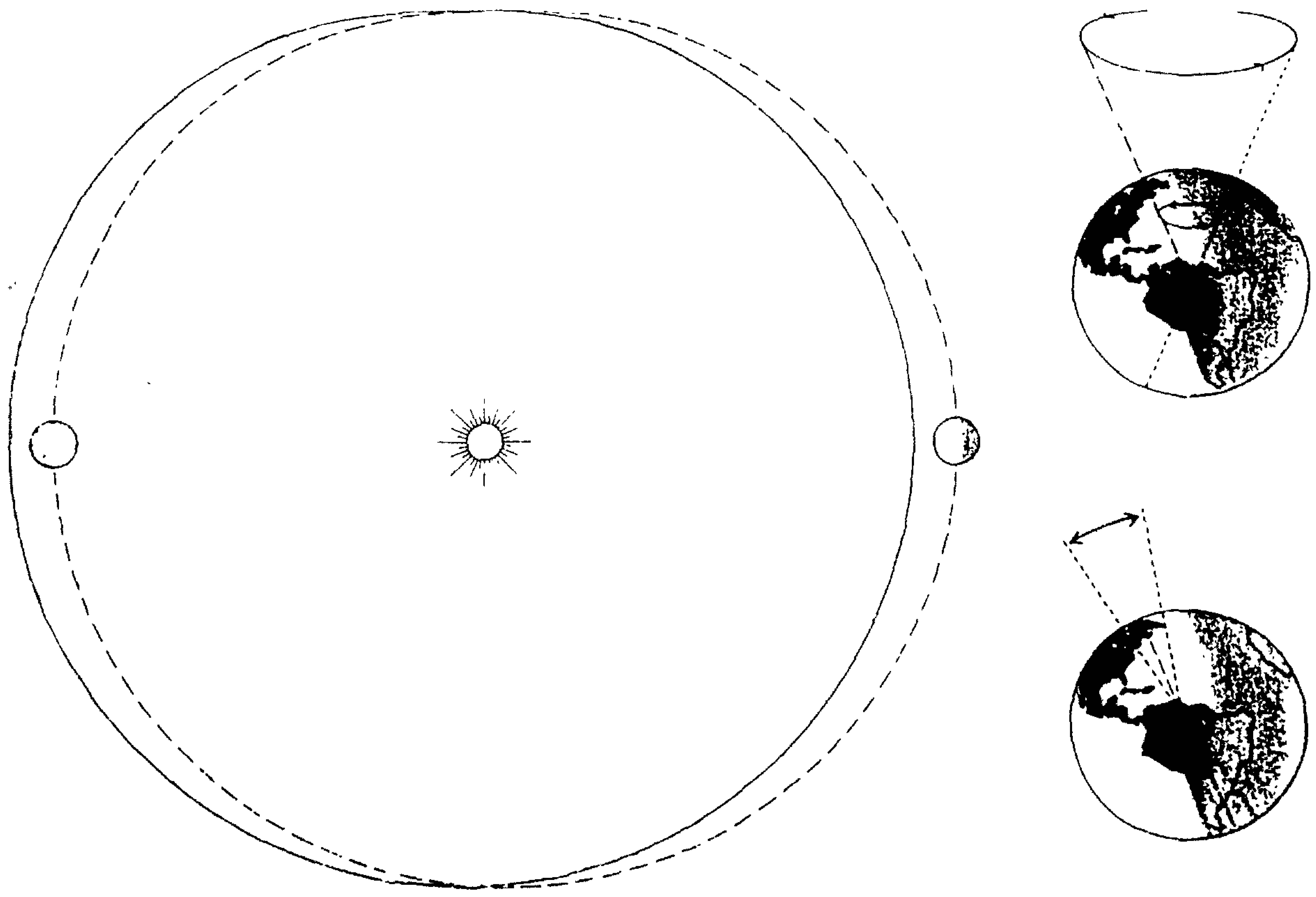
وثالث الاضطرابات الدورية ، هو تغير ميل حركة الشمس الظاهرية و يتضمن اختلاف ميل المحاور التي تدور الارض حولها و تختلف قيمة الميل بين ٣٩ ' ٢١° و ٣٦ ٢٤° و تشبه هذه الحركة حركة السفينة علي سطح الماء . و كلما زاد الميل كلما اتضح الفارق بين الشتاء و الصيف (Calder, 1974) .

و ترجع أهمية هذه التذبذبات الفلكية الثلاث الي سنة ١٨٤٢ عندما اقترح J. F. Adhemar ان المناخ قد يتأثر بهم . و قد طور كل من Croll في الثمانينات من القرن الماضي ، Milankovich في العشرينات من هذا القرن هذه الآراء Beckinsale & Michtell (١٩٦٥) .

و تكمن جاذبية هذه الافكار الي أن تغير درجة الحرارة الناتج عنهم قديكون ١° أو ٢° مئوية و يبدو ان فترات هذه التذبذبات تضاهي الي حد كبير فترات تقدم الجليد و تراجعة خلال البليستوسين . و قد أوضحت طرق التأريخ بالنظائر أن سجل تغيرات مستوي سطح البحر كما هو واضح من دراسة مصاطب الشعاب المرجانية في Barbados و أماكن أخري وسجل الارتفاع و الانخفاض الحراري من العينات اللبية لقيعان البحار انها تضاهي الي حد كبير المنحنيات النظرية للاشعاع الشمسي لميلانوكو فتش (Milankovitch) , Broecker et al ., (1968) ; Messollela et al., (1969) و هناك أدلة اكيدة علي ان النظريات الفلكية تعتبر تفسيرا للتغيرات البيئية علي مدي طويل .

و مع ذلك فان نموذج Croll - Milankovitch يوضح مجموعة من الاحداث الدورية التي قد تكون أطول لتتناسب مع التذبذبات المناخية فيما بعد الجليد و أقصر من ان تلقي الضوء علي المسافات الفاصلة بين العصور الجليدية الرئيسية . بالاضافة الي ذلك فان

شكل (٧ - ٥) الأنواع الثلاثة من التذبذبات في شكل الأرض كما أشارت إليها إفتراضات Croll - Milan Kovitch



النموذج يؤيد أن الجليد في العروض العليا كان نتيجة تباين الاشعاع الشمسي ، في حين بالنسبة لحجم كتلة الجليد ، فان زيادة التساقط عن الحد الأدني الحالي الذي يسقط في المناطق القطبية قد يكون أكثر أهمية (Andrews , 1975) . وأخيرا فان اختلافات الاشعاع المحسوبة الناتجة عن هذا النموذج لا تتجاوز نسبة مئوية ضئيلة و لذلك اذا قلنا أن هذه العملية قد تكون قادرة علي احداث تغير فلابد من وجود عوامل اخري تشد أزرها .

-نقاء الغلاف الجوى Atmospheric transparency Hypotheses:

حتي لو افترضنا ان التغيرات فيما يصل من اشعاع شمسى لم تكن علي درجة كافية لتغير مناخ الارض ، فإن آثار الاشعاع الآتي من الشمس لابد وان تغيرت بشكل ملحوظ نتيجة التغيرات في تركيب الغلاف الغازي للأرض ، وقد يحدث هذا خلال التغيرات في مستوي ثاني أكسيد الكربون والأوزون و الأتربة وما يحتوية من ماء .

و التفكير في الدور المحتمل لثاني أكسيد الكربون يتأتي بالنظر الي نظرية Plass و بالأخذ في الإعتبار دور الانسان كعامل من عوامل التغير المناخي في السنوات الأخيرة . ولابد من الإشارة الى انه رغم ان ترجيح التغيرات الجوهرية جدا فيما يحتوية الغلاف الغازي من ثاني أكسيد الكربون موضع لبعض الشك لأن دورة الكربون الأرضي تحكمها الي حد كبير عملية امتصاص المحيطات للغاز فالمحيطات تكون خزانا ضخما من مركبات الكربون . واكثر من هذا ففي الوقت الحالي من الصعب ان نري اي العوامل قد سببت تغيرا علي درجة كافية في محتويات ثانى أكسيد الكربون في الماضي . ومع ذلك اذا تساوت باقي الأشياء فزيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي سيؤدي هذا الي امتصاص الموجات الطويلة للاشعاع الارضي في الحزمة من ١٣ الي ١٧ ميكرون مما يعمل علي رفع درجة الحرارة .

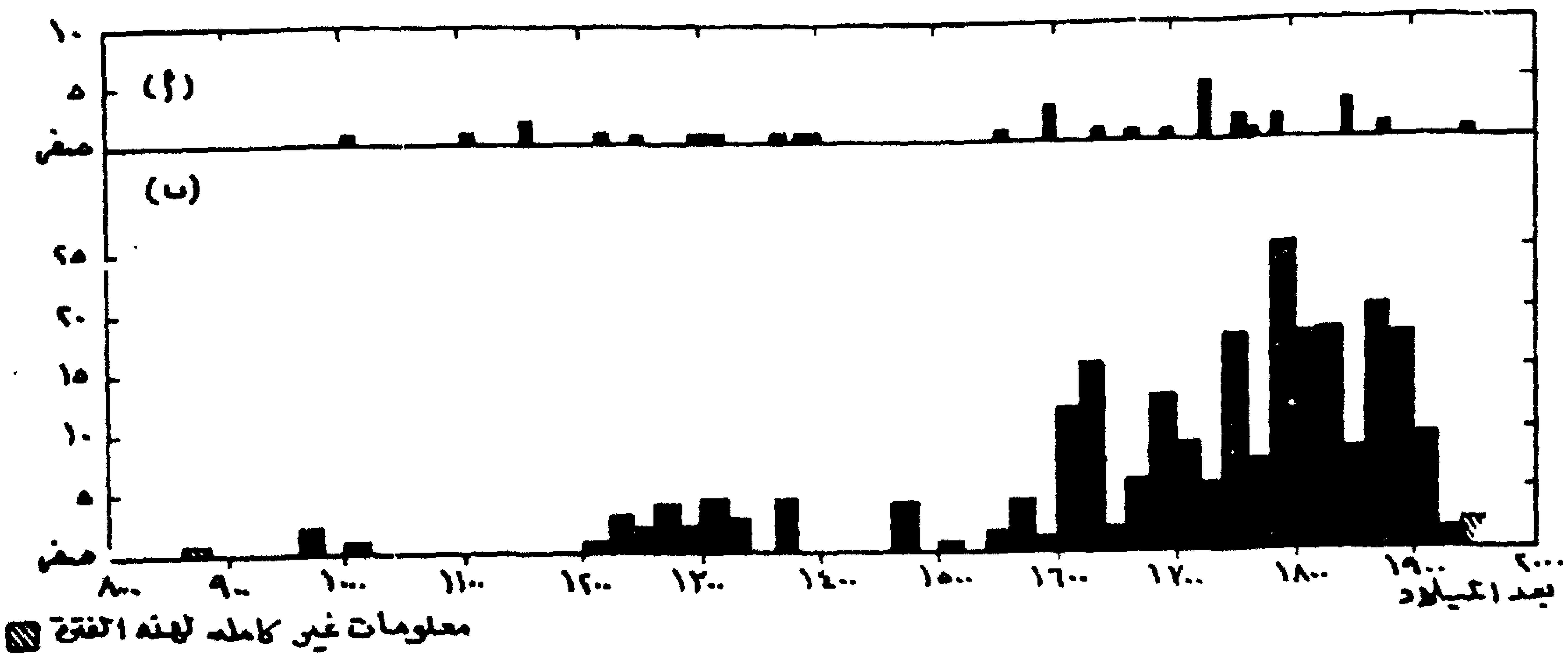
و الأوزون الموجود في طبقة الاستراتوسفير العليا علي ارتفاع يتراوح بين ٣٠ ، ٥٠ كيلو متر يكون مؤثرا في تصفية الاشعاع الشمسي الداخل (بواسطة امتصاص الموجات القصيرة) وقد يؤثر الاشعاع الصادر أو الأرضي بامتصاص الاشعة تحت الحمراء . و التغيرات في تركيز الأوزون قد تكون نتيجة للتغيرات في الانبعاث الشمس و بشكل عام فأي زيادة تؤدي الي زيادة درجة حرارة السطح .

و الثورانات البركانية قد تؤدي الي برودة المناخ نتيجة تواجد غشاء من الأتربة dust - veil في طبقة الاستراتوسفير السفلي (Lamb, 1970) . وان كان الوقت هنا سيكون قصيرا ولذا فستكون اهميتها محدودة لتذبذبات مناخية ثانوية وضئيلة ، و مع ذلك فالدراسات الحديثة عن الثورانات البركانية ودرجة الحرارة الشديدة تشير أنها قد تكون في غاية الاهمية علي مدي فترة زمنية قصيرة . فإنسياب الرماد البركاني من Krakatoa في ثمانينات القرن الماضي ، Katami (١٩١٢) أدي الي زيادة الاشعاع بحوالي ١٠ - ٢٠ ٪ لمدة ١-٢ سنة كذلك فإن الرماد البركاني من krakatoa تخلل طبقة الاستراتوسفير ليصل الي ارتفاع ٣٢ كم . وقد أشارت دراسات حديثة الي ان أبرد فصول الصيف واكثرها رطوبة في بريطانيا مثل ١٦٩٥ ، ١٧٢٥ و ستينات القرن ١٨ ، ١٨١٦ ، أربعينات القرن ١٩، ١٨٧٩ ، ١٩٠٣ ، ١٩١٢ حدثت في نفس الوقت الذي زاد فية التراب البركاني في الاستراتوسفير في الغلاف الجوي العلوي (Lamb , 1971) . وفوق هذا فإن فترة الدفء الحراري في نصف الكرة الشمالي و التي امتدت في العشرينات والثلاثينات والاربعينات من هذا القرن تتعاصر مع فترة لم يكن فيها اي ثوران بركاني في نصف الكرة الشمالي مما يشير الي احتمال ان عدم وجود التراب البركاني خلال هذه العقود كان أحد العوامل في عملية الدفء . واذا رجعنا الي الوراء فدراسة عينة الجليد اللبية في Byrd

فى انتركاتيكا قد دلت علي سقوط تراب بركاني كثير و متعدد في الفترة من ٢٠٠٠٠ الي ١٦٠٠٠ سنة مضت . وهو نفس وقت أوج البرودة في الفترة الجليدية ا لاخيرة) (Gow & Williamson , 1971) و بالمثل فان فترة المناخ الأمثل و العصر الجليدي الاصغر (Bray, 1974) يبدو انهما يتعاصران مع فترتي ركود و نشاط بركاني علي التوالي (شكل ٧-٦) .

بالاضافة الي دور العوامل السابق ذكرها فان التراب البركاني قد يقلل سطوع الشمس حيث ان هذه الاتربة تشجع علي تكوين السحب كما أن ذرات التراب تساعد على تكون بلورات الجليد في الهواء التي تنخفض درجة حرارته الي مادون التجمد و المشبع ببخار الماء .

و يقترح , Bray (1974) أنه خلال الهولوسين بشكل اجمالي و علي اساس فحص تواريخ الكربون المشع C14 ، نجد ان التقدم الرئيسي للأنهار الجليدية الألبية والقطبية كان متعاصرا تماما مع فترات النشاط البركاني فى فتره مابعد وسكنسن في نيوزيلنده و اليابان و جنوب أمريكا الجنوبية (٤٧٠٠ - ٥٤٥٠ - ٢١٥٠-٢٨٥٠ و٥٠ - ٤٧٠ سنة مضت). و ثمة دليل إضافي علي دور النشاط البركاني يأتي من تحليل التراب البركاني الخشن في ٣٢٠ عينة لبية من اعماق البحار . وقد وجد كل من Kennett & Thunell ان مثل هذا التراب متوفر جدا في الزمن الرابع علي مدي فترات أربع Neogene average .



شكل (٧ – ٦) الثورانات البركانية الكبرى في أيسلندة

جليد المحيط الشمالي منذ سنه ٨٧٠ بعد الميلاد .

أ – الثورانات البركانية الكبرى .

ب – الجليد القطبي عند سواحل أيسلندة

أسابيع / سنة ، متوسطات ٢٠ سنة

افتراضات تتضمن تغيرات في جغرافية الارض :

رغم حدوث بعض التغيرات المناخية علي مدي فترة زمنية قصيرة مثل العصر الجليدي الصغير أو فترة دفء القرن العشرين فإن بعض التغيرات طويلة الامد و التي قد تتضمن بداية تكون الجليد في أماكن معينة من العالم قد تكون نتيجة تغيرمواقع القارات أو زحزحة في مواقع المحاور القطبية أو رفع القارات ، من بين هذه العوامل الثلاث نجد ان العاملين الاول و الثاني قد لا تكون لهما أهمية نسبية اذا كنا بصدد الحديث عن البليستوسين . حيث ان معدلات التغيير بطيئة جدا . فمثلا كان معدل حركة القطب يقدر ب ٣×١٠^{-٧} درجة في السنة وقد لا يكون كافيا ليؤثر علي نمط الجليد في البليستوسين (Cox, 1968). اما معدل زحزحة القارات فأعلي بقليل حيث يبلغ متوسط المعدل حوالي ١×١٠^{-٧} درجة لكل سنة و الذي يساوي ١^{o} خلال $١٠^{٧}$ سنوات (وربما تكون $٢,^{o}$ فقط منذ بداية الجليد الكلاسيكي) حتي مع أقصي معدل افتراضي ٦×١٠^{-٧} درجة كل سنة$^{-١}$ ، ستكون إزاحة لا تستحق الاهمية . ورغم ذلك فقد اقترح Ewing (1971) اذا كان انتشار قاع البحريحدث بمعدل ٢ سم / سنة ، فعرض أخدود مثل ذلك الذي يقع بين سبتزبرجن و جرينلند قد يتزايد الي ٢٠٠ كم في ١٠ مليون سنة ليكون كافيا ليؤثر علي دخول التيارات المحيطية الي القطب الشمالي و كذلك علي مناخ المناطق المحيطة . و رغم هذا فهناك كثير من الباحثين الذين يرون أن الأسباب الأرضية للتغير المناخي يمكن حصرها في حركات الرفع التي تؤدي الي بناء الجبال و التي تكون قممها علي ارتفاعات كافية و باردة لتسمح بتراكم الثلج و الجليد و قد يكون لهذا آثاره الهامه كما سبق واشرنا من قبل ان البليستوسين و اواخر الزمن الثالث شهدوا حركات تكوتونية لها اعتبارها .

واذا افترضنا ان معدل الرفع فى منطقة نشطة تكويناً يصل الى ١٠ متر لكل ١٠٠٠ سنة فهذا يتطلب ١٠٠٠٠ سنة فقط لينخفض متوسط درجة الحرارة ٠.٦٥ درجه مئوية حيث أن درجة الحرارة تنخفض بمعدل ٠.٦٥ ^{O}م كلما ارتفعنا ١٠٠ متر . ولهذا فعبر البليستوسين قد يكون في الامكان ان تظهر جبال بسرعة كافية و تؤدي الي خفض ملحوظ في درجة الحرارة عند قممها كذلك فإجمالي كمية المطر يتجه للزيادة كما هو معروف بزيادة الارتفاع علي الاقل حتي إرتفاع ٣٠٠٠ متر ، و لذا فان المحصلة النهائية لارتفاع الجبال يؤدي الي ايجاد مصايد ثلجية حقيقية . ورغم هذا ، فإذا كان الارتفاع فقط كان السبب الرئيسي وراء وجود حقل ثلجي كبير أو حقل جليدي فبمجرد تواجده يمارس تأثيره علي الألبيدو ونظام الضغط ليكون دائما قائما بذاته . ولكي تختفي هذه الكتلة الجليدية لابد من تواجد عوامل أخري .

و الآثار المترتبة علي مثل هذا الارتفاع قد تكون محلية او عالمية فمثلا ارتفاع جبال روكي قد يؤثر تأثيرا جيدا علي الطقس بشكل عام في نصف الكرة الشمالي بتأثيره علي موجات الغلاف الغازية و اعتراض أضداد الأعاصير Anticyclons عبر شمال الاطلنطي.

وعدم تعرض جميع المناطق لتكرار الجليد دليل يؤيد هذا الافتراض ، و في كثير من الحالات يبدو ممكنا أو محتملا ان الإرتفاع في اواسط و أواخر البليستوسين أدي الي تواجد جبال في بعض المناطق في وضع يسمح بتراكم الجليد . منها علي سبيل المثال جبال Mau-na Kea (هاواي) وتسمانيا والبرانس وكلها شهدت فترة جليدية رئيسية واحدة في أواخر البليستوسين .

نظريات التغذية المرجعة Feedback (autovariation) hypotheses

تعرضنا فيما سبق لمجموعة من الاسباب التي يمكن ان تؤدي الي تغير مناخي منها تغير الاشعاع الشمسي وموقع وشكل الارض وعلاقتها بالاجرام السماوية الاخري ونوعية الغلاف الجوي وتوزيع اليابس والماء والجبال . وهناك عدد من الافتراضات التي تتصور أن الغلاف الجوي يحتفظ بدرجة من عدم الاستقرار الداخلي التي قد تؤدي إلي وجود عامل ذاتي للتغير .و يمكن لنا أن نتصور أن بعض التغيرات البسيطة من خلال التغذية المرتجعة الايجابية Positive feedback يكون لها آثارها الواسعة والتي تكون علي مدي زمني طويل . وقد كتب Mitchell, (1968) " ان التقلبات البيئية البسيطة قد تكفي لتغير الدورة الهوائية العامة والمناخ من حالة الي أخري وتعود بها مرة أخري " و فيما يلي عرض لبعض الامثلة المختارة التي تشير الي اهمية الافتراضات التي تتضمن علاقات التغذية المرتجعة

نظرية ولسون سنة ١٩٦٤ :

في الوقت الذي كان فية السمك الاجمالي للغطاء الجليدي في انتركاتيكا أقل من القيمة الحرجة Critical كان معدل التغلظ Thickening الناتج عن تراكم التساقط يزيد عن معدل الهبوط الناتج عن الانسياب الطيع Plastic وفقدان الكتلة عن طريق انفصال الجبال الجليدية عند الاطراف . وعندما وكيفما يصل سمك الجليد الي قيمة حدية حرجة يصبح الضغط العرضي للقص قرب قاعدة الغطاء الجليدي كبير بحيث يزداد انسياب الجليد بشكل مفاجيء . ويؤدي هذا الي التسخين بالاحتكاك ومن ثم يزداد الانسياب اكثر واكثر حتي ينهار الغطاء الجليدي بأكمله بمعدل فجائي تقريبا .وبالتالي تمتليء المحيطات بالجليد و بذلك تنخفض درجة حرارة العالم و التي تشجع علي تكون الجليد في جهات معينة اخري من العالم (Hollin, 1965 ; Selby , 1973) .

بالاضافة الي ذلك فإنه نتيجة اندفاع الغطاء الجليدي فإنه ففي الامكان ان ينتقل ١/٣ الغطاء الجليدي الي الرف القاري مكونا رفا جليديا ضخما . هذا الرف قد يزيد الألبيدو السطحي إلى ٢٥ X ١٠^٦ كم٢ من المحيطات من ٨٪ الي ٨٠ ٪ مؤديا الي زيادة البرودة بخفض الحرارة الواردة الي الارض ككل بحوالي ٤ ٪.

نظرية بلاس The Plass (1956)

هناك سبب غير محدد يؤدي الي خفض محتوي الغلاف الجوي من ثاني أكسيد الكربون . مما يؤدي الي خفض درجة حرارة الغلاف الجوي . وبعد ٥٠٠٠٠ سنة أو نحو ذلك تبرد المحيطات بنفس الدرجة وتصل الي توازن جديد في محتوي ثاني اكسيد الكربون في الجو . وانخفاض الحرارة يشجع علي تراكم الجليد على القارات والذي يؤدي بالتالي الي انخفاض مستوي سطح البحر وبالتالي إختلال نسبة ثاني اكسيد الكربون في الجو حيث تتركز في المحيطات . وزيادة ثاني اكسيد الكربون في الجو تؤدي الي دفء الغلاف الجوي مؤدية بالتالي الي نوبان الجليد واستعادة المحيطات أحجامها الأصلية .

نظرية Ewing- Donn (١٩٥٨- ١٩٥٦ م) :

إن دورة الاحداث تبدأ بمستويات مرتفعة لسطح البحر خلال الفترات ما بين الجليدية مع انسياب مياه دافئة نحو المحيط المتجمد الشمالي ، و كلاهما يحفظ جليد المحيط خاليا ومناسبا لتراكم الثلوج المتساقطة علي هيئة ثلج على اليابس المحيط . مما يؤدي الي انخفاض مستوي سطح البحر و من هنا تعمل السلسلة الجبلية المحيطية الموجودة بين أيسلندة و Faeroes الي اعاقة حركة المياه الدافئة نحو المحيط المتجمد الشمالي . كما ان ازدياد

مساحة الغطاء الجليدي قد تؤدي الي انعكاس الاشعاع الشمسي بنسبة اكبر وهذا يؤدي الي زيادة معدلات البرودة . و مثل هذه النزعة قد يعضدها المعلومات الخاصة بأضداد الأعاصير فوق الجليد مع رياح تهب نحو الخارج تصد التأثير الأطلسي المعتدل . و من ثم يتجمد المحيط الشمالي و يمنع استكمال الغطاءات الجليدية و التي تتعرض للانكماش التدريجي . ثم يرتفع سطح البحر و تنساب المياه الدافئة مرة أخري وتكون بداية لدورة جديدة .

وقد أثبتت دراسات حديثة علي عينات لبية من المحيط الشمالي أن هذا المحيط الشمالي لم يخل من الجليد خلال البليستوسين ومن ثم لا يمكن أن يكون عاملا في نمو أو نوبان الأنهار الجليدية القارية في البليستوسين (Larson & Barry, 1974) .

نظريات علي أساس الألبيدو :

هناك عامل واحد يتحكم في مستوي التسخين في النظام الجوي للأرض و هو درجة انعكاس او امتصاص سطح الارض للاشعاع الشمسي . و التغيرات في ألبيدو سطح الأرض و التي قد توجد نتيجة أحداث بسيطة قد تؤدي الي تغيرات رئيسية في المناخ . فعلي سبيل المثال نجد ان ترسب تراب بركاني داكن اللون فوق الغطاءات الجليدية نتيجة انفجار بركاني قد يؤدي الي نوبان الجليد في هذا الغطاء و الذي قد يؤدي بدوره الي خلق سلسلة متوالية من الاحداث . و بالمثل ، فإن وجود غطاء جليدي واسع مستمر علي غير العادة فوق شمال كندا نتيجة لفصول شتاء ثلجية وفصول صيف باردة مصادفة قد يساعد إما علي تغير مناخي مباشر أو قد يلعب دورا كجزء من رد فعل التغذية المرتجعة (Williams, 1975).

و مثل هذا الغطاء الجليدي الذي يستمر خلال كل أو معظم الصيف و الخريف يعكس اشعة الشمس مؤديا الي برودة الهواء (Calder, 1974) ، و هذا في حد ذاته قد يرجع تراكم الثلج في الشتاء التالي و بتراكم الثلج تدريجيا يؤدي الي غطاء جليدي شاسع الامتداد

.تأثير الانسان علي المناخ :

طبقت الافتراضات المختلفة التي سبق مناقشتها بدرجات مختلفة من النجاح لفترات زمنية مختلفة الطول . وعندما وكيفما نفكر في الماضي القريب نتأمل في المستقبل القريب . يكون لدور الانسان مكانه الهام فكما رأينا في الفصل الخامس أن تغيرات المناخ في القرن العشرين قد أثرت الي حد كبير علي الانسان ولكن في نفس الوقت كان الانسان مسؤولا الي حد ما عن بعض التغيرات المرصودة ، خاصة بسبب تأثيره علي نوع الغلاف الجوي . وحتي الآن ، نظرا لتعقد النظام الجوي وكثرة الاسباب الممكنة ، من الصعب أن نقدر تماما ونحدد الدور الذي لعبه الانسان و إن كان من الممكن التعرف علي بعض أشكال تدخل الانسان و أثره علي التغيرات المناخية علي الارض .

وواحد من العمليات الهامه هو استهلاك الوقود المختزن مثل الفحم والبترول . فحتي وقت قريب كانت كمية الطاقة التي يستخدمها الانسان والتي يستخرجها من هذه المواد قليلة جدا مقارنة بالطاقة الشمسية و الطاقة الناتجة عن حرق النباتات و لكن هذا الموقف تغير حيث نجد ان استهلاك الطاقة العالمية يتزايد بمعدل حوالي ٤ ٪ سنويا و بهذا يتضاعف كل ١٧ سنة (Budyko et al., 1970) .

و يرتبط ارتباطا وثيقا بالانتاج الحراري زيادة تركيز ثاني اكسيد الكربون الموجود بالجو . ففي الوقت الحالي يزداد معدل ثاني اكسيد الكربون حوالي سبعة أجزاء في المليون في كل عقد (Sawyer , 1971) و كان تركيز ثاني اكسيد الكربون سنة ١٩٦٠ ٣١٣ جزء فى المليون . و يؤثر تركز ثاني اكسيد الكربون علي كمية الاشعاع الشمسي الذي يصل الي الارض وبشكل عام فالزيادة لابد ان تؤدي الي الميل نحو الدفء وقد قدر ان تضاعف ثاني اكسيد الكربون قد يرفع درجة حرارة سطح الارض بحوالي ١.٣ ^{o}م ، و ان

كان هناك بعض الملاحظات والدراسات الحديثة التي تشير الي ان معدل الزيادة في درجة الحرارة يقل مع زيادة محتوي الغلاف الجوي من ثاني اكسيد الكربون و لهذا فالاحتمال بعيد ان تصل درجة الحرارة الي مستويات مرتفعة .

كذلك فإن زيادة استخدام مصادر الطاقة الحفرية (البترول - الفحم) يؤدي الي زيادة تلوث الغلاف الجوي . وزيادة الأتربة أو الدخان له أثره علي انتشار أو إمتصاص الاشعاع الشمسي ولهذا تميل درجة حرارة الأرض للتغير. كذلك فقد تكون سببا في قلة الأمطار بتقليلها نشاط تيارات الحمل (Bryson & Barries, 1967) . و علي العكس فهناك من يرون أن زيادة المواد الدقيقة في الغلاف الجوي قد تؤدي الي وجود نوايات تساعد علي تكاثف وتسامي بخار المياه في الغلاف الجوي وبذلك تزداد السحب (Gribbin, 1975) و الآثار الدقيقة للدخان علي درجة الحرارة مازالت لسوء الحظ غير واضحة . وسواء أ كانت اضافة الدخان تؤدي الي تسخين او تبريد الغلاف الجوي فهي عملية لا ترجع فقط للخصائص الفعلية لهذه المواد ومدي قدرتها علي الامتصاص والتغذية ولكن كذلك لمواقعهم الخاصة في الغلاف الجوي بالنسبة للسحب و عكس السحب للأشعة و عكس السطح للأشعة كذلك (Weare et al., 1974) . ولهذا فقرب القطب قد تؤدي ذرات الايروسول الرمادية الي دفء الغلاف الجوي حيث يقل عكسها للأشعة عن السطوح الجليدية و الثلوج التي تقع أسفلها ، بينما في المناطق الزراعية الداكنة فإنها تعكس كميات اكبر مؤدية الي البرودة (Reck, 1975) ، ولهذا فإن كمية التأثير الناتجة عن زيادة الدخان في الغلاف الجوي غير واضحة ، و لكن Schneiden & Rasool (1971) اقترحا أن الزيادة بمعدل ٤ أو ٥ في تركيز الدخان في الجو العالي تكون كافية لخفض درجة حرارة السطح بحوالي ٣.٥ ^{o} درجة مئوية . و لحسن الحظ فإن الدول المتقدمة و التي تضيف اكبر كمية من

الدخان غير الطبيعي الي الجو تمتلك المصادر الفنية للتغلب علي هذه المشكلة و فعلا استطاعت بعض هذه الدول ان تخطو خطوات في هذا المجال . ومع ذلك فهناك ما يدل علي زيادة الأتربة في الجو منذ بداية الثورة الصناعية يأتي من تحليل مستويات الأتربة من جليد الأنهار الجليدية المعروفة التاريخ في جنوب الاتحاد السوفيتي . فقد وجد حوالي ١٠ مج / ١ في طبقات جليدية ترجع للفترة ما بين ١٨٠٠ ، ١٩٢٠ ويزداد هذا الرقم في الخمسينات من القرن العشرين الي ٢٠٠ مج / ١ اي عشرون ضعفا (Davitaya, 1989) .

و ثمة نتيجة أخري تتعلق بتاثير الانسان علي نوعية الغلاف الجوي و بذلك يحتمل تاثيره علي المناخ ألا وهو دور الكيماويات خاصة مركبات كلوروفلورميثين Chlorofluoromethanes التي تنبعث الي الهواء عندما تستعمل علب المبيدات و ما شابهها في المنازل . و قد اقترح ان تركيبها الكيماوي و شدة تبخرها تعني أنها تبقي في الجو لمدة طويلة و من ثم تتراكم علي مستويات مرتفعة . و من المعتقد ان الانفصال الضوئي لهذة الغازات في الاستراتوسفير ينتج كميات لا بأس بها من ذرات الكلور مما يؤدي الي تحطيم بعض الأوزون الموجود في الجو . و الأوزون كما سبق و ذكرنا عامل هام يتحكم في الاشعاع .

و مشكلة أخري خطيرة جدا تحدث في طبقات الجو العليا وهي الخاصة بالطائرات والصواريخ (تقرير دراسة المشكلات البيئية الحرجة ، ١٩٧٠). حيث تعمل الأخيرة علي إخراج كيماويات سامة في طبقات الجو العليا من خلال الدخان العادم . و من المعروف أنه حتي الكميات القليلة من عنصر مثل الأوزون في الطبقات العليا من الجو قد تتحكم بشكل ملحوظ في ظروف الاشعاع . و لذا فأي اضافات قليلة لهذة المنطقة أو التفاعلات التي تتضمن اضافة كيماويات سامة قد يترتب عليها نتائج هامة . كذلك فما تنفثه الطائرات التي

تفوق سرعتها سرعة الصوت من بخار الماء في طبقة الاستراتو سفير قد يكون اكثر خطورة علي المدي القصير . وفي الوقت الحالي انخفضت نسبة المياه في طبقة الاستراتوسفير كما ان التبادل بين الجزء السفلي من الاستراتوسفير و المناطق الأخري من الغلاف الجوي منخفض . و عليه فالكميات المعتدلة نسبيا من بخار الماء التي تصرفها الطائرات قد يكون لها أثر واضح علي التوازن الطبيعي . و قد وجد أن ٤٠٠ طائرة تفوق سرعتها سرعة الصوت سواء كانت عسكرية أو مدنية تعمل ٤ رحلات يوميا قد تترك ١٥٠ X ١٠^٦ كج من المياه في طبقة الاستراتوسفير السفلي (Sawyer, 1971) و مثل هذه الزيادة قد يؤدي الي زيادة بسيطة في درجة الحرارة وقد تكون ٠.٦ درجة مئوية . ووجود هذه الرطوبة يمكن أيضا أن يظهر في شكل سمحاق رقيق مرتفع .

و علي المستوي القاري أو الاقليمي ، فقد ذاع - خاصة في سنوات ما قبل الحرب - أن التشجير يصلح ظروف المطر خاصة علي هوامش الصحراء وأن إجتثاث الغابات علي العكس يؤدي الي تدهور في ظروف المطر . و لهذا فمن خلال تأثير الإنسان علي الغابات في مناطق مثل منطقة السودان في غرب افريقيا كان ينظر الي الإنسان كأحد الأسباب التي يمكن أن تعمل علي التصحر .

و تأكيد هذا يعتمد علي الحقيقة المتعارف عليها أن وجود غابة له أثر أفضل علي اقتصاديات المياه في المنطقة . و قد نسبت هذه الظاهرة في باديء الأمر الي زيادة المطر و اكثر من هذا فارتفاع الرطوبة النسبية في الغابات و ملاحظة دخان الغابات علي مسافات قريبة ووجود الرطوبة المرتفعة في الهواء المحيط بالغابة ، كل هذا يقدم تأييدا واضحا لهذا الرأي .

من ناحية ثانية ، رغم وجود مشروعات قيد النقاش تهدف لتحسين ظروف المطر علي هوامش الصحراء الكبري عن طريق تشجير حزام ضخم من الأرض عبر غرب افريقيا ، فمن المؤكد ان تكوين التساقط عملية تتم في طبقات الجو العليا . و طالما كانت النطاقات الجافة الرئيسية في العالم يسودها الهواء الهابط فأي زيادة بسيطة في الرطوبة تنتج عن وجود الأحزمة الشجرية سيكون عديم الأثر الي حد كبير . و قد ينطبق نفس القول علي الخطط التي ترمي لإنشاء بحيرات ضخمة في صحراء كلهاري و الصحراء الكبري . و لعل جفاف السواحل الافريقية علي طول البحر المتوسط أوضح مثال علي مدي الأثر الضئيل الذي ينتج عن المسطحات المائية حتي و لو كانت بضخامة البحر المتوسط الذي يعتبر مصدرا للبخار الدافيء . و تبقي السواحل قاحلة نظرا للدورة العامة .

و مع ذلك فرغم ان الغابات قد لا تسبب تغيرات واضحة في التساقط من خلال عملية النتح ، فهناك اهتمام زائد في السنوات الأخيرة بالنتائج التي تترتب علي اجتثاث الغابات نتيجة تغير الألبيدو الأرضي . فالأراضي المغطاة بالأشجار يتراوح الألبيدو بها بين ١٠ – ٢٥ ٪ بينما الاراضي التي اجتثت اشجارها أو التي تأثرت بالرعي الجائر (كما في مناطق الساحل) ترتفع بها نسبة الألبيدو . و توضح صور الفضاء E R T S التي التقطت لمنطقة سيناء و النقب اختلافا كبيرا جدا بين النقب الداكنة اللون و منطقة سيناء و غزة شديدتي اللمعان . هذا الخط الفاصل ينطبق علي خط الحدود الذي رسم بين مصر و فلسطين المحتلة سنة ١٩٤٨ – ١٩٤٩ ، و الناتج عن تباين استغلال الأرض على الجانبين . وقد اقترح Otterman (1974) ان التغير في الألبيدو الناتج عن استخدام الارض بهذا الشكل أدي إلي تغير في درجة الحرارةبحوالي ٥ درجات مئوية . و رغم هذا فقد يكون لة آثار اكثر من مجرد التغير في درجة الحرارة . و يري Charney and others (1975)

أن الزيادة في الألبيدو الناتجة عن نقص في الغطاء النباتي قد تؤدي الي نقص في صافي الاشعاع الوارد ، و زيادة في التبريد الاشعاعي للهواء . و عليه ، يؤكدون ان الهواء يهبط ليحفظ التوازن الحراري بضغط حراري ثابت و من ثم تتشتت السحب الركامية التصاعدية وما يصحبها من امطار . و الامطار السفلية بدورها يكون لها اثر عكسي علي النباتات وتؤدى إلى شدة النقص فى الغطاء النباتى . مثل هذه الاعتبارات في غاية الاهمية في حالة اجتثاث غابات الأمزون علي نطاق واسع . وقد وضع .. Potter et al (1975) نموذجا علي الحاسب الآلي لمعرفة الآثار المتوقعة لتغير الألبيدو في هذه المنطقة ومع ذلك فهذا الرأى مقبول عالميا . فنجد Ripley (١٩٧٦) علي سبيل المثال يري ان Chanery ومساعدو بينما يضعون مدي تأثير التغير النباتي علي الألبيدو في الإعتبار ، فإنهم تجاهلوا تماما تأثير النبات علي البخر - النتح . ويشير أن المناطق المزروعة تكون عادة ابرد عن الارض الجرداء حيث ان كثيرا من الطاقة الشمسية الممتصة تستهلك لتبخر المياه ، و يستخلص من هذا أن حماية الأرض من الرعي الجائر و اجتثاث الغابات من المتوقع أن يخفض درجة الحرارة ومن ثم يخفض أكثر مما يرفع الهواء المتصاعد و التساقط وذلك على عكس ما يرى Charney .

الخلاصة :

لا يوجد حتي الآن تفسير كامل و مقبول للتغير المناخي ، كذلك من الواضح أن أية عملية واحدة تعمل بمفردها لايمكن أن تكون تفسيرا للتغير المناخي بكل مقاييسة . و لهذا فقد يكون من الأجدر تطابق أو جمع هذه العمليات . و مثال ذلك نظرية Flint (١٩٧١) Solar-topographic التي تقوم أساسا علي الاختلافات في شدة الاشعاع الشمس و بناء الجبال . و اكثر من هذا ، فقد تتواجد حلقات التغذية المرتجعة و هناك بعض الاقتراحات التي تبدو مقبولة لشرح الاختلاف علي فترة زمنية طويلة (مثال ذلك افتراض - Croll Milanikovitch الذي يمكن تطبيقة علي الدورات الجليدية وغير الجليدية) بينما افتراضا ت اخري تبدو اكثر قبولا للتذبذبات قصيرة المدي (التغيرات في الكلف الشمسي قد تكون افتراضا مناسبا علي مقياس عقد أو أكثر) . و توجد مشكلتان أساسيتان أخريتان الأولي أنه لفحص فرض معين نحتاج الي معرفة دقيقة للنمط المضبوط و تواريخ التذبذبات السابقة وهذا نادر . المشكلة الثانية : أننا نتعامل مع مجموعة من النظم المتشابكة شديدة التعقيد ، وهي النظام الشمسي ، الغلاف الجوي ، المحيطات ، واليابس . و لذا فمن غير المحتمل أن أي افتراض بسيط أو نموذج للتغيرات المناخية سيكون علي مستوي جيد من التطبيق

و اضعين كل هذا في الاعتبار يتضح أنه من غير الممكن في ظروف المعرفة الحالية أن نتكهن تكهنا جديرا بالثقة عن تطورات المناخ في المستقبل . و قد تقدم الكثيرون بتنبوءات في السنوات الأخيرة و لكنهم نادرا ما يتشابهون في الكثير . فقد اقترح Calder و آخرون (١٩٧٤) أننا الآن علي شفي عصر جليدي جديد و الذي سيصل علي حين غرة ، و أشار Winstanley و آخرون (١٩٧٣) أن المناطق الموسمية ستتجه تدريجيا نحو الجفاف لعدة عقود بينما يري آخرون أنه نظرا لنشاطات الانسان فيحتمل زيادة درجة الحرارة بشدة ، ربما

جدول ٧ - ١

أطوال الفترات لبعض دورات ظاهرات طبيعية مختارة

ظاهرة أو حدث	طوال الفترة سنوات
عينة جليدية لبية من جرينلند	٢٤٠٠ ، ٤٠٠ ، ١٨١ ، ٧٨
تقلد ما بعد الجليد	٢٦٠٠
حلقات شجر Lapland	٢٠٠ ، ٩٠ ، ٣٠ ، ٢٣ ، ١١ - ١٢
Cirmen Lake Varves	١١,٢
عواصف رعدية	١١
حلقات شجر Formoran	١٠٠ ، ٢٠ - ٢٢ ، ١١ ، ٦
جفاف في السهول العظمى	٩١ ، ٤٦ ، ٢٣
ملوحة بحر البلطيق ، جليد في بحر -Bar Barents مستوى البحر في الأطلنطي	٨٠ - ٩٠
الجليد البلطي	٢١ - ٢٤ ، ١١ - ١٤ ، ٨ ، ٥ - ٦ ، ٣

الي مستوي أدفأ من ألف سنة ببداية العقد الأول من القرن القادم (Broecker, 1975) .

و قد حاول بعض الباحثين التنبؤ علي أساس وجود الدورات المتصلة بالنشاط الشمسي أو ظاهرات أخري ، و قد أمكن التعرف علي عدد كبير من الدورات (جدول٧-١) وانه لمن المفيد أن نتذكر ، أن مثل هذه الدورات قد نوقشت لزمن طويل : فقد أوضح Sir Francis Bacon أن هناك دورات مناخية كل ٣٥ سنة منذ ٣ قرون ونصف مضت . و من المحتمل ان Eilsworth Huntington كان علي صواب عندما كتب في Mainsprings of Civilization (1945) " انها ستكون منحة كبيرة للانسانية عندما نتعلم التنبؤ بالتواريخ الدقيقة لوصول الدورات المختلفة الانواع الي مراحل محدودة . و قد يكون هذا سهلا اذا : (١) اذا كان هناك دورات قليلة ، (٢) كل منها منتظمة في الطول والشدة ، (٣) أن أية دورة تؤدي الي تأخير التأثيرات أو تتداخل مع الأخري ، (٤) أن الدورات تتطور بالتساوي في كل أنحاء الكرة الأرضية . و الجدير بالذكر أن أي من هذه الشروط غير موجود .

. و الحذر مرغوب ، و ذلك ما أكد عليه Mason (١٩٧٦) في مراجعته للتساؤل عن التنبؤ عن التغير المناخي " ان التحذير من عصر جليدي و شيك و من كوارث ضخمة يقوم علي اساس ضعيف و علي غير احساس بالمسؤولية . فالجفاف الحديث في افريقيا و فيضانات الباكستان و العواصف المدارية في استراليا ، كلها حدثت بشكل مماثل في الماضي و لا يقتضي ضمنا أن النمط العالمي المناخي سيشهد تغيرا اساسيا ودائما . و ثمة تقييم اكثر واقعية و أقل إثارة أن هذه التذبذبات المناخية ستعود بنفس الاهمية و التكرارية و الاختلاف كما في القرون الحديثة ، منطبعة علي اتجاهات طويلة الأمد لا يمكن التنبؤ بها بدقة ببدايتها وانعكاسها .

وتقدير واقعى مشابه تقدم به Landsberg (١٩٧٦) فى مجال عرض لكتابين حديثين ذائعين ، أحدهما يقترح حدوث برد شديد وشيك والأخر وشوك حدوث دفء محتم ، يقول " اذا كنت تظن أنك تستطيع استقراء المناخ فانتظر لفترة وتعلم " .

قراءات مختارة - :

هناك ثلاث دراسات مسحية ممتازة عن النظريات الخاصة بالتغيرات المناخية .

- في مقالات في الجغرافيا لأوستن مللر (تحرير J. B, Whitow, P.D. Wood، مطبعة جامعة ريدنج، انجلترا، ١٩٦٥ من ص ١ إلى ٣٨ (مقالة لـ R. Beckinsale بعنوان .Climatic change : a cirtique of modern theories.

- والعمل الثاني من نفس نوع العمل السابق ولكن بتركيز اكثر على فكرة التغير الذاتي(auto - Variation) لـ J.M. Mitchell، ١٩٦٥ في مقالته Theoritical Climatologyضمن مجلد عن The Quaternary of U.S. Aص ٨٨١ إلى ٩٠١ تحرير D. G. Freg H. E. Wright

- العمل الثالث من تحرير J.M. Mitchell، ١٩٦٨ بعنوان أسباب التغير المناخي، مونجراف أرصاد جوية رقم ٨ .

وتتميز هذه الدراسات الثلاث بقوائم طويلة للمراجع وملخصات للنظريات الرئيسية .

ومنذ نشر هذه الأعمال ظهرت سلسلة من البحوث عن أثر الثورانات البركانية على المناخ .من اكثر هذه الأعمال ذلك العمل الذي نشره H. H, Lamb، ١٩٧٠، بعنوان التراب البركاني في الغلاف الجوي مع عرض للتعاقب وتقييم أهميتها بالنسبة للأرصاد الجوية .وقد نشرت هذه المقالة في

Philosophical Transactions Royal Society London A, 266, 425 533

وهناك بحث آخر قصير لنفس المؤلف بعنوان النشاط البركاني والمناخ نشر في مجلة Palaeo (1971) ص ٢٠٣ - ٢٣٠ .

ثم هناك بحث ثالث مثير وان كان مقيدا ، عن العلاقة بين الثورانات البركانية في أنتركاتيكا وفترة الأوج في فترة فيرم الجليدية للمؤلفان T. W. Willianson, A. J. Gow (1971) بعنوان Volcanic Ash in the Antarcatic ice Sheet and its possible climatic implications, Earth and Letters ,Planetary Science . 13, 210 - 18.

وبالمثل كان هناك تطورا ملحوظا في دور الانسان كعامل مؤثر في التغيرات المناخية العالمية، عن الدور المتزايد لتركز ثاني اكسيد الكربون، من هذه الدراسات :

G. N. Plass (1959) Carbon dioxide and Climate, Scientific American - - 201, 41 - 47 .

W. Bischof and B. Bollin (1966) Space and time variation of the Co2 - content of the troposphere and Lower Stratosphere, Tellus18 (2),155 - 9

S. I. Rasool and S. H. Schneider (1971) Atmospheric Carbon di- - oxide and aerosols :

effects of large increases on global climate, Scicnce 173, 138 - 41 .

R. J. Charlson and M. J. Pilat (1969) Climate : -

The influence of aerosols' Journal / applied Meteorology 8,1001 - 2

ويعتبر هذا بمثابة عرض لما جاء فى البحث السابق .ومن الدراسات الأخرى المفيدة فى موضوع ايروسول aerosols

F. F. Davitaya (1969) "Atomospheric dust content as a factor af- - fecting glaciation and climatic change" Annals Association American Geographers 59, 552 - 60 .

R. A. Mccormick and J. H. Ludwig (1967) "Climate modification - by atmospheric aerosols" Science 156, 1358 .

P. W. Hodge (1971) Decrease in the clear air transmission of the - atmosphere 1.7 Km. above Los Anglos, Nature 229, 549 .

B. C. Weare, R., L. Temkin, and F. M. Small (1974) Aerosols - and Climate : some further considerations, Science 186, 827 - 8 .

عرض عام على دور الانسان ومنها :

H. E. Landsberg (1970) Man - Made Climatic changes, Science - 170, 1265 - 74 .

M. I. Budyko et al (1971) The impact of economic activity and - climate, Soviet Geography 12, 666 - 79 .

J. S. Sawer (1971) Possible effects of human activity on world - climate, Weather 26, 251 - 62 .

H. H. Lamb (1972) Climat, Present, past and future Vol. 1 . -

B. J. Mason (1976) The Nature and prediction of climatic chang- -
es, Endeavaur 35, 51 - 7 .

J. Gribbin "(1976) Forecasts, famines and freezes (Wildwood -
Hovse, London) .

R. J. Kopec (ed) (1976) Atmospheric quality and climatic change -
(University of North Carolina, Chapel Hill) .

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

رقم الإيداع (٨٧٠٠ / ٩٦) (I.S.B.N. 977 - 235 - 626 - 0)

رئيس مجلس الإدارة

مهندس / إبراهيم السيد البهنساوي

الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

١٧٦٨٠ س ١٩٩٥ - ١٠١٢

موضوع هذا الكتاب هو التغيرات البيئية خلال الثلاثة ملايين سنة الأخيرة ، وذلك بهدف توضيح كيفية تغير البيئة وملامح سطح الأرض خلال الفترة التى عاشها الإنسان على الأرض ، وتشمل هذه التغيرات البيئية إلى جانب التغيرات المناخية ، تغير كل من مستوى سطح البحر ، والمجموعات النباتية ، وحدود الصحارى ، ومستوى البحيرات ، وتصريف الأنهار ، والغطاء الجليدى البحرى ، وجوانب أخرى كثيرة . ودراسة هذه التغيرات ضرورية لمعرفة طبيعة وأصول أشكال السطح وأصول التربة وتوزيع النبات الطبيعى والحيوانات الحالية . وقد عالج الكتاب جوانب التغيرات البيئية الآتية :

١ – طبيعة البليوستوسين .

٢ – أحداث البليوستوسين فى المناطق المدارية وشبه المدارية .

٣ – التغير البيئى فيما بعد الجليد .

٤ – التغيرات البيئية خلال فترة تسجيلات الأرصاد الجوية .

٥ – تغييرات مستوى سطح البحر خلال الرباعى .

٦ – أسباب التغير المناخى .

ويعتبر هذا الكتاب مرجعا لا غنى عنه لدارسى العلوم البيئية والجغرافيا والجيولوجيا وغيرهم ممن لهم علاقة بعلوم الأرض .